S. 804. D

MÉMOIRES
DE
MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE.

Tome IX.

MÉMOIRES
DE
MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE.

Tome IX.

MÉMOIRES
DE
MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE,

Préſentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers Savans, & lûs dans ſes Aſſemblées.

Tome IX.

A PARIS,

Chez { MOUTARD, Imprimeur-Libraire de la REINE, & des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, rue des Mathurins, Hôtel de Cluni.
PANCKOUCKE, Libraire de l'Académie Royale des Sciences, Hôtel de Thou, rue des Poitevins.

M. DCC. LXXX.

PRÉFACE.

Ce volume renferme trois pièces sur le prix de l'indigo, la pièce de M. Coulomb sur l'aimant qui a été annoncée dans le volume précédent, & 29 Mémoires. Deux de Chirurgie, six d'Histoire naturelle des animaux, un de Minéralogie, onze de Chymie, cinq relatifs aux Arts, un d'Analyse & trois de Géométrie.

PRIX.

Une Société de Négocians zélés pour le progrès des Arts, a remis à l'Académie une somme de 1200 liv. destinée à former un prix sur l'Art de la Teinture.

L'Académie a choisi pour sujet de ce prix, *l'Analyse de l'indigo & l'Examen chymique des opérations employées dans les teintures dont cette substance est la base.*

Le prix a été partagé entre deux pièces, l'une de M. Quatremere, l'autre de MM. Hecquet d'Orval & de Ribaucour.

Deux autres pièces ont mérité les éloges de l'Académie, qui a cru devoir inviter les Auteurs à se faire connoître & à publier leurs pièces. L'Auteur de l'une des deux, qui avoit pour devise : *Nisi utile est quod facimus stulta est gloria*, est M. Bergman, Correspondant de l'Académie. Sa pièce est imprimée dans ce volume.

Page 1. M. Quatremere a cru devoir conſidérer d'abord les détails de la culture de l'indigo. Les terres de l'Amérique ont déjà perdu de leur fertilité première, & cet appauvriſſement eſt un mal preſque incurable, dans des pays où l'homme a été changé en bête de ſomme, & où la crainte des ſupplices eſt le ſeul encouragement à la culture. Tant il eſt vrai que, ſi l'injuſtice & le crime ſont pour quelques hommes un bien paſſager, ce bien eſt toujours un mal durable pour les ſociétés qui l'autoriſent ou le tolèrent. C'eſt à cette diminution de fertilité dans les terres que M. Quatremere attribue la détérioration de l'indigo, & il propoſe pour remède de labourer profondément avec des charrues les terres qui le produiſent.

La fabrication de l'indigo eſt une autre cauſe de ſes défauts. M. Quatremere a obſervé que la partie colorante étoit plus ou moins mêlée d'une partie extractive, que la proportion plus ou moins grande de celle-ci donnoit les indigos de différentes qualités, & qu'en ſéparant cette partie extractive avec plus de ſoin, ou même en l'extrayant par de nouveaux lavages, on changeroit en indigo de la premiere qualité tous ceux qui ſe trouvent dans le commerce.

Enfin l'indigo ſe détériore encore par le tranſport, cette perte tient à la maniere de l'emballer, & M. Quatremere propoſe une autre méthode plus propre à conſerver cette denrée.

Dans la ſeconde partie, l'Auteur donne en détail la maniere de teindre avec l'indigo les ſoies, les fils ou cotons & les laines, d'après l'uſage établi dans les

atteliers les plus considérables. C'est toujours la même opération chymique dirigée par les mêmes principes, mais les procédés sont différens.

Les cuves d'indigo (on donne ce nom au bain qui sert à la teinture), sont sujettes à deux accidens, elles deviennent roides ou rebutées; dans le premier état, elles ont une odeur âcre; dans le second, l'odeur est très-fétide. M. Quatremere a recherché la cause de ces accidens regardés comme incurables, non-seulement par les plus habiles teinturiers, mais par M. Hellot lui-même; ce n'étoit pas qu'on manquât de recettes, on en avoit même un grand nombre toutes réputées infaillibles, & toutes plus nuisibles qu'utiles. Il n'y a jamais tant de spécifiques que pour les maladies incurables, comme il n'y a jamais tant d'apologies que pour les causes désespérées.

M. Quatremere avoit une grande difficulté à lever: des expériences sur les cuves en grand étoient très-coûteuses; & la cuve d'indigo ne parvenant à son état de perfection que par la fermentation, il falloit trouver des moyens de produire, dans un essai en petit, ce qui avoit lieu dans les cuves en grand. L'auteur y a réussi en soutenant la chaleur dans les petites cuves, il est même parvenu à trouver des moyens de faire roidir ou rebuter ses cuves à volonté. Dès-lors il a pu répéter ses expériences, & il a trouvé que le remède à une cuve roide étoit le temps, & une chaleur soutenue plus ou moins long-temps, & que la chaux étoit le spécifique des cuves rebutées. Il a essayé son procédé sur des cuves en grand rebutées par accident, & le succès a été le même.

Page 81. L'examen chymique de l'indigo & des phénomènes que produiſent les cuves de cette teinture, ont été l'objet principal de MM. d'Orval & de Ribaucour. Ils ont conclu, de leurs expériences, que l'alkali volatil étoit, de tous les diſſolvans de la partie colorante de l'indigo, celui qu'on pouvoit en ſéparer plus aiſément, & qui laiſſoit une couleur plus ſolide : que le moyen de produire cette diſſolution, étoit d'offrir à l'alkali volatil, à meſure qu'il ſe formoit dans la cuve, ſoit par la décompoſition des ſels ammoniacaux qui entrent dans l'indigo, ſoit par la fermentation de ſubſtances ajoutées dans la cuve, d'offrir, dis-je, à cet alkali volatil les molécules de l'indigo réduites dans une grande ténuité par les mouvemens d'effervescence & de fermentation excités dans les cuves.

C'eſt d'après ces vues qu'ils expliquent les accidens qui nuiſent aux cuves, & qu'ils préſentent des moyens d'y remédier.

Page 121. Le Mémoire de M. Bergman contient une ſavante Analyſe de l'indigo, des Réflexions ſur l'Art de l'employer à la teinture & un nouveau procédé pour teindre les ſoies & les laines.

M. Bergman regarde la partie bleue de l'indigo, qui ne forme réellement que la moitié de l'indigo ordinaire, comme une ſubſtance analogue à l'encre & au bleu de Pruſſe, dont le fer fait également la baſe, mais dans un état différent.

Ce n'eſt point aux alkalis volatils unis à la fécule bleue & diſſipés enſuite, qu'il attribue la couleur verte qu'ont en ſortant du bain les étoffes teintes par l'indigo,

mais à une ſurabondance de phlogiſtique dont le plus ou moins de denſité peut, indépendamment de toute autre circonſtance, faire parcourir à un même corps les différentes couleurs priſmatiques, & il croit que c'eſt en ſurchargeant de phlogiſtique les particules bleues de l'indigo, qu'on parvient à les atténuer au point de pouvoir les employer à la teinture.

La méthode de teindre que M. Bergman propoſe, & qui eſt bonne pour la ſoie & ſur-tout pour la laine, conſiſte à mêler dans l'eau une certaine proportion d'une diſſolution de l'indigo par l'acide vitriolique très-concentré. L'indigo ſe ſépare de l'acide & s'unit avec l'étoffe, une ſeule partie d'indigo ſuffit dans cette méthode pour teindre 260 parties d'étoffe du bleu le plus foncé.

M. Bergman ſe propoſe de continuer & d'étendre des eſſais de ce genre, par leſquels on parviendroit à débarraſſer l'Art de la teinture d'une foule de procédés inutiles dont cet Art eſt ſi ſurchargé, qu'on oſe à peine propoſer de détruire, & qui multiplient les accidens & les dépenſes.

CHIRURGIE.

Sur les Bandages élaſtiques, par M. Geoffroi.

LES BANDAGES ÉLASTIQUES ſont, dans une maladie très-commune & très-dangereuſe, un moyen d'éviter les dangers, de rendre l'état des malades très-ſupportable, de mettre en état de travailler ceux à qui le travail eſt néceſſaire, ils ſont enfin dans pluſieurs circonſtances un moyen même curatif. Ceux qui ont été propoſés juſqu'ici, avoient en général un inconvénient

Deux Mémoires, Pages 265 & 281.

très-fâcheux, celui d'avoir une action inégale dans les différentes positions du corps, & même de devenir, dans plusieurs attitudes, absolument incapables de contenir la hernie. C'est à ces inconvéniens que M. Geoffroi se propose de remédier, une longue expérience, les conseils d'un Anatomiste célèbre qui l'a guidé dans la pratique, le mettoient à portée de bien connoître les maux auxquels il falloit remédier. Il ne se flatte pas d'avoir évité tous les inconvéniens; mais il se borne à regarder ses nouveaux Bandages comme utiles dans un grand nombre de cas, & la méthode qu'il a suivie pour les perfectionner comme susceptible de conduire à des résultats encore plus avantageux.

HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX.

Sur une Mouche du genre des Cinips; par M. de la Tourette.

Page 730.

LA MOUCHE décrite dans ce Mémoire présente, dans sa construction, quelques singularités remarquables. Un long aiguillon roulé en spirale à sa base dont la partie extérieure se replie sur le dos, & qui est susceptible de s'alonger & de se raccourcir, sert à l'animal pour creuser, dans les plantes, un logement destiné à ses œufs; ce même aiguillon va ensuite chercher sur le dos de la mouche l'œuf qui, couvert d'une substance gluante, s'y attache, l'aiguillon le porte enfin dans le lieu qui lui est préparé. L'espèce d'insecte, à laquelle cette Mouche ressemble le plus, est celle des cinips. La différence la plus sensible est dans la grandeur; elle est de six à sept lignes de longueur,

les cinips au contraire ſont très-petits. Pluſieurs le ſont aſſez pour aller placer leurs œufs dans ceux des papillons dont l'œuf eſt la nourriture du ver du cinips, juſqu'à ce qu'il ſe transforme en Mouche. On voit même de petits ichneumons percer les corps des pucerons, y placer leurs œufs, & enſuite un cinips y dépoſer le ſien qui ſe nourrit alors de l'œuf de l'ichneumon. Le corps d'un puceron eſt un empire que deux conquérans ſe diſputent.

Sur les Tubulaires de l'Océan, par M. Mazéas.

Ces trois Mémoires renferment la deſcription de pluſieurs eſpèces de Tubulaires de l'Océan, & la comparaiſon d'une de ces eſpèces avec les Tubulaires obſervées par M. Ellis dans la Méditerranée. Toutes ces Tubulaires ont également un tube cartilagineux, & ſont attachées ſur des rochers. Il étoit naturel de les regarder comme une même eſpèce, & les différences obſervées entr'elles comme des différences purement accidentelles. C'eſt auſſi l'objection qu'on a faite à M. Mazéas, il y a répondu en multipliant ſes obſervations, & il en réſulte que les différences qu'il a remarquées ſont réellement communes à tous les individus des Tubulaires de l'Océan, pris dans tous les états de groſſeur où il les a obſervés; & qu'ainſi elles ſuffiſent pour établir une diviſion d'eſpèces.

Trois Mémoires, pages 299, 309, 317.

Sur une nouvelle eſpèce d'Inſecte, par M. Quéronic.

Page 329. EN RAMASSANT les Tubulaires de l'Océan, M. Mazéas remarqua, dans les fucus qu'on avoit tirés de la mer, un Inſecte nouveau, mais il ne voulut pas interrompre ſes obſervations; & M. de Quéronic, qui l'accompagnoit, ſe chargea de décrire cet inſecte. Il reſſemble à la chenille arpenteuſe, par la maniere dont il marche; d'ailleurs il ſe rapproche beaucoup d'un Inſecte obſervé par M. Godeheu auprès de Céylan, & dont il eſt fait mention dans le troiſième volume des Mémoires des Savans Etrangers.

Sur les Macreuſes, par M. de la Faille.

Page 331. LES ANCIENS ont cru que les Macreuſes & d'autres oiſeaux aquatiques étoient produits par des coquillages auxquels on a même donné en conſéquence le nom de conques anatifères. Obligés de ſe borner aux relations, ou verbales, ou dépoſées dans les manuſcrits obſcurs de Voyageurs peu inſtruits & en très-petit nombre, les anciens Naturaliſtes ne pouvoient connoître la critique, les faits les plus étranges paſſoient de bouche en bouche ſans être contredits; d'ailleurs, trop peu éclairés ſur les loix de la Nature, ils ne pouvoient en ce genre oppoſer la probabilité à un témoignage poſitif. Auſſi les voit-on preſque tous rapporter du même ton les faits les plus ſimples & les fables les plus étranges, *Ferunt*, on rapporte, eſt la formule

formule qu'ils emploient également, & pour un évènement naturel, & pour un prodige.

Mais, s'il ne doit pas être ſingulier que la métamorphoſe des coquilles en oiſeaux ait été rapportée comme tant d'autres, on doit être étonné que des Modernes même dans notre ſiècle aient, ſinon adopté cette fable, du moins y aient ſubſtitué une opinion ſemblable & de la même nature. Selon eux, les coquilles ne deviennent pas des Macreuſes, mais les Macreuſes dépoſent leurs œufs dans les coquillages; on avoit même été juſqu'à voir dans des coquillages non des oiſeaux tout formés à la vérité, mais des commencemens d'oiſeaux. Telle eſt la fable que M. de la Faille entreprend de détruire, &, ce qui eſt plus utile, il y joint une deſcription détaillée des conques anatifères.

On trouve, dans cette Deſcription, une des cauſes de l'opinion que l'Auteur a combattue. L'animal que renferment ces coquillages, a une frange qui ne reſſemble pas mal à l'aile d'un oiſeau qui n'a encore que du duvet; d'ailleurs les nids des Macreuſes & des autres oiſeaux de cette eſpèce, ſont remplis de ces conques. Ces raiſons n'étoient pas ſans doute ſuffiſantes pour faire croire qu'une huître devenoit un canard; mais qui ſait ſi nos neveux ne nous reprocheront pas d'avoir eu ſur de moindres fondemens des opinions encore plus abſurdes?

MINÉRALOGIE.

Sur des Os foſſiles, par M. de la Tourette.

Page 757.

CES OS FOSSILES paroiſſent des dents molaires d'éléphans. L'Auteur, après les avoir décrits, rapproche ce fait des faits ſemblables obſervés par les Naturaliſtes.

Il en réſulte que ces animaux actuellement répandus uniquement dans les pays chauds de l'Aſie & de l'Afrique, ont cependant autrefois dépoſé leurs dépouilles dans le Nord de l'Europe, de l'Aſie, de l'Amérique. La même obſervation a été faite ſur les plantes dont on trouve les empreintes, ſur les coquillages dont les débris ont formé d'immenſes carrieres; mais nous ne connoiſſons point de faits dont on puiſſe conclure que les carrières des Pays de la Zone-Torride nous offrent les dépouilles ou l'empreinte des animaux ou des plantes du Nord. A la vérité l'Hiſtoire naturelle ne connoît preſque que le Nord. Quelques nombreux que ſoient ces Os foſſiles d'éléphans trouvés en Europe, ils ſont en petit nombre, ils ne forment point de grandes maſſes; mais, en Sibérie, ils ſont très-communs, & c'eſt là vraiſemblablement que l'on trouvera le moyen de découvrir le myſtere de leur origine. Tout annonce que la terre a eſſuyé de grandes révolutions lentes & aſſujetties aux loix générales qui gouvernent le monde; mais quelles ont été ces révolutions, quelles ſont ces loix? C'eſt ce qu'une nuit profonde cache encore, & vraiſemblablement ce qu'elle cachera toujours, tant qu'un petit

nombre de Philoſophes obſervateurs, cachés dans un coin de la terre, ſeront réduits à deviner l'hiſtoire d'un globe dont ils n'ont encore à peine entrevu que la centième partie à une profondeur preſque infiniment petite. Il viendra ſans doute un temps où la terre ne ſera plus habitée que par des peuples libres, éclairés, liés entr'eux par l'intérêt comme par la Nature, & où l'activité des hommes, ſi long-temps & ſi triſtement employée à détruire ou à tourmenter leurs ſemblables, ne s'exercera plus que pour vaincre les obſtacles que la Nature oppoſe à leurs progrès & à leur bonheur.

CHYMIE.

Sur l'Air fixe, par M. le Duc de Chaulnes.

LORSQUE ces deux Mémoires furent préſentés à l'Académie, ces différentes eſpèces de ſubſtances expanſibles, qu'on nomme Airs ou gaz, étoient encore bien moins connues qu'elles ne le ſont aujourd'hui. Pages 521 & 551.

L'acidité même de ce qu'on nomme Air fixe, n'étoit pas généralement reconnue. La plupart des Chymiſtes n'avoient employé que l'Air fixe qui ſe dégage des diſſolutions des ſubſtances calcaires par les acides, ce qui rendoit cet air plus difficile à ſe procurer. Comme on ſavoit que celui qui ſe dégage des ſubſtances qui ſubiſſent la fermentation ſpiritueuſe, étoit de la même nature, M. le Duc de Chaulnes imagina qu'il ſeroit plus commode d'aller le chercher dans les cuves des braſſeries; il obſerva que cet Air occupoit toujours les cuves juſqu'à leur partie ſupérieure, quelque fût la

hauteur de la partie vuide, que plus pesant que l'Air athmosphérique & peu miscible avec lui, il se comportoit avec cet Air, comme une liqueur plus pesante que l'eau & peu miscible avec elle se comporteroit, si on plaçoit dans l'eau des vases pleins de cette liqueur, qu'on les vuidât, qu'on fît passer la liqueur de l'un à l'autre. Mais l'Air fixe est absolument invisible; ainsi, prenant un bocal de verre où il n'y a rien, on peut y verser l'Air fixe contenu dans un autre bocal où il n'y a rien, &, en versant lentement & avec attention sans que l'œil puisse appercevoir aucun changement dans l'état des vaisseaux, on verra un oiseau y mourir subitement & la lumiere s'y éteindre. M. de Chaulnes détermine le rapport de la pesanteur de l'Air fixe à celle de l'Air commun, constate par de nouvelles expérences l'acidité de l'Air fixe, sa propriété de faire cryſtalliser les alkalis; cherche la quantité d'Air fixe qu'absorbe une quantité donnée d'alkali; il soumet ensuite à un examen suivi les sels qui résultent de la combinaison de l'Air fixe avec les alkalis; il observe enfin que l'Air, qui se forme par la combustion du charbon, a, comme l'Air fixe, la propriété de faire cryſtalliser ces mêmes sels.

Un Chymiste avoit regardé l'Air fixe comme identique, ou du moins comme très-analogue à l'acide marin volatil, c'est-à-dire, aux vapeurs d'acide marin qu'on obtient en mêlant cet acide avec de l'huile & du sablon. M. de Chaulnes a fait, sur ces deux espèces de fluides, une suite d'expériences, qui constatent que l'Air fixe diffère essentiellement de ces vapeurs d'acide marin.

Sur l'Air fixe, par M. Bucquet.

DANS ce Mémoire, antérieur de beaucoup aux dernieres recherches ſur les gaz ou Airs, l'Auteur diſcute pluſieurs opinions de ſavans Chymiſtes, & fait voir qu'il eſt difficile de les concilier avec des expériences nouvelles qu'il a faites; il montre, par exemple, que l'abſence ou la préſence de l'Air fixe n'eſt pas la ſeule différence de la craie avec la chaux. Page 563.

Sur la Mine de fer ſpathique, par M. Bayen.

LA MINE de fer ſpathique, examinée dans ce Mémoire, renferme du fer dans l'état métallique combiné avec un tiers de ſon poids de la ſubſtance acide qu'on nomme *air fixe*. Le fer y eſt en général uni en une petite quantité de zinc que l'Auteur en ſépare, en mettant la Mine dans une diſſolution de vitriol de Mars & faiſant évaporer lentement, on obtient alors une cryſtalliſation de vitriol de zinc. Page 629.

M. Bayen avoit obſervé, dans le cours de ſes expériences, que l'air fixe a la propriété de faire cryſtalliſer les alkalis.

Sur la Mine de plomb blanche, par M. Laborie.

LA MINE DE PLOMB que M. Laborie a examinée, eſt blanche & cryſtalliſée, ce qui lui donne quelque reſſemblance avec le ſpath. On avoit cru que, dans Page 441.

cette Mine, le plomb *étoit* minéralisé par l'arsenic. Quelques Chymistes avoient avancé que l'acide marin y étoit le minéralisateur. M. Laborie réfute ces deux opinions, & prouve que, dans la Mine de plomb blanche de Poullawen, le plomb est dans l'état métallique ; mais combiné avec cette espèce de gaz connue sous le nom d'*air fixe*, combinaison qui rentre dans l'ordre ordinaire des combinaisons chymiques, si l'air fixe est réellement un acide. Cette opinion très-contestée dans le temps où M. Laborie a écrit son Mémoire, est aujourd'hui presque généralement adoptée.

Sur une Terre trouvée à Sainte-Marie-aux-Mines, par M. Monnet.

Page 717. ON TROUVA dans la Mine de Sainte-Marie-aux-Mines une Terre blanche, légère, assez semblable à une argille peu compacte, & on la rejetta absolument ; la plus grande partie avoit été emportée par les eaux, lorsqu'un vieux Mineur, absent depuis quelque temps, en ayant apperçu les restes, témoigna son regret, examina ces restes & avertit le Directeur des Mines que cette Terre, inutile en apparence, étoit une Mine très-riche ; il n'étoit plus temps, la veine qui contenoit cette Terre étoit épuisée. Le Directeur en envoya quelques morceaux à M. Monnet, qui en a fait une analyse exacte. Cette Mine est de l'argent combiné avec l'acide marin, elle a toutes les propriétés de la Lune-cornée. On y trouve un peu de fer dissous par le même acide,

& même un peu de fer ou de chaux de fer non-combinée. La Lune-cornée pure contiendroit 60 livres d'argent par quintal, celle-ci en donne conſtamment un peu plus de 50. On peut donc la regarder comme la vraie Mine d'argent cornée; Mine célèbre dans les Ecrits des Minéralogiſtes Allemands, mais dont l'exiſtance étoit encore douteuſe.

Sur la Zéolite, par M. Bucquet.

IL RÉSULTE des expériences de M. Bucquet ſur la Zéolite, que cette ſubſtance eſt une terre particulière, ſuſceptible de ſe cryſtalliſer, diſſoluble dans les acides minéraux, formant avec eux des ſels avec excès d'acide; mais que, par des procédés chymiques, on rend parfaitement neutres; qu'elle diffère eſſentiellement des terres calcaires, argilleuſes, vitrifiables, de la baſe de l'alun & des chaux métalliques; qu'enfin elle paroît devoir ſa ſolidité à la combinaiſon de l'eau avec cette terre, combinaiſon qu'un feu peu violent peut détruire; ce qui paroît prouver que la Zéolite n'eſt pas un produit de volcan, & doit à l'eau ſa formation. Page 579.

Sur la Cryſtalliſation du fer, par M. de Morveau.

PRESQUE toutes les ſubſtances minérales formées d'élémens ſemblables, affectent des figures conſtantes plus ou moins régulières, lorſque leurs élémens ſe rapprochent avec lenteur & tranquillité. Cette propriété qu'on a reconnue de tout temps ſur les ſels & Page 513.

dans un grand nombre de pierres, eſt moins ſenſible dans les autres corps. Le régule étoilé d'antimoine a été long-temps la ſeule Cryſtalliſation métallique qu'on connût. Depuis quelque temps on a fait ſur cet objet des découvertes importantes. M. de Morveau donne ici les obſervations qu'il a faites ſur des Cryſtalliſations de fer. Ces Cryſtalliſations ſont les mêmes, & quelques fondans qu'on emploie pour la fuſion, & quelque eſpèce de fer qu'on choiſiſſe : obſervation qui confirme l'identité de ce métal. Les différentes formes ſous leſquelles il ſe préſente ſans qu'on puiſſe quelquefois le ramener de l'une à l'autre, avoient jeté quelques doutes ſur cet objet, ſur-tout dans les eſprits qui ſavent que les régles auxquelles nous donnons le nom impoſant de Loix de la Nature ſont notre ouvrage, & qu'elle oſe quelquefois ſe diſpenſer de les ſuivre.

Sur les combinaiſons ſalines de l'Arſenic; par M. Bucquet.

Deux Mémoires, pages 643, 159.

L'OBJET de M. Bucquet, dans ces deux Mémoires, étoit d'examiner les phénomènes que préſenteroient les combinaiſons de l'Arſenic avec les acides. Les trois acides minéraux & les deux acides végétaux tirés du raiſin ont été ceux qu'il a choiſis.

L'acide nitreux, l'acide marin & la crême de tartre ſont les ſeuls qui contractent, ſoit avec l'Arſenic, ſoit avec ſon régule, une véritable combinaiſon, dans l'ordre où nous venons de les nommer.

M. Bucquet avoit préſenté ces Mémoires long-temps avant

avant d'être admis à l'Académie, & à peine avoit-elle couronné ſes travaux qu'une mort prématurée l'a enlevés à ſes Confreres qui l'aimoient, aux Sciences dont il eût hâté les progrès, à l'humanité qu'il eût ſervie.

Sur les Eaux ſulfureuſes de Montmorenci.

L'ODEUR de foie de ſoufre que répandent ces Eaux, la couleur de la pellicule qui les couvre, annonçoient des Eaux ſulfureuſes. M. Veillard en donne ici une analyſe exacte. Page 673.

Il y a trouvé des ſels vitrioliques en petite doſe, mais il n'a pu d'abord en retirer du ſoufre. Si on puiſe l'Eau à la fin de l'été, on y trouve une petite quantité de ſel ammoniac fourni par la décompoſition des feuilles & des plantes qui ont ſéjourné dans l'Eau.

Un ſel grimpant qui s'attache à des bois que baigne l'Eau de la ſource, s'eſt trouvé être de l'alun maſqué par des matières extractives. Le dépôt de ces Eaux contient du ſoufre. M. Veillard a fait nettoyer la fontaine, &, en prenant l'Eau plus haut, il a trouvé que le dépôt qu'elle formoit dans les vaſes non-bouchés contenoit du ſoufre préciſément comme celui que plus loin elle avoit formé dans le canal. Cette Eau contient donc réellement du ſoufre en diſſolution, mais la préſence de l'air & la chaleur de l'athmoſphère ſuffiſent pour l'en ſéparer.

ARTS.

Sur les Mines de Norwège, par M. Jars.

L'AUTEUR donne, dans ce Mémoire, la deſcription des Mines d'argent de Konsberg en Norwège. Ces Page 551.

Mines ne renferment que de l'argent natif preſque pur, puiſqu'il eſt au titre de 11 deniers 10 grains au moins. Cet argent eſt tantôt en grande maſſe, tantôt en filets, tantôt en fils raſſemblés comme par paquets, tantôt en lames, tantôt enfin diſſéminé dans les ſubſtances qui l'entourent en parcelles preſque inſenſibles. Un ſeul morceau a rendu près de 400 marcs, & on en trouve un ſecond dans le Cabinet du Roi de Danemarck dont on eſtime 15000 liv. la valeur en eſpèces.

Aux détails ſur les Mines de Norwège, M. Jars en a joint ſur l'adminiſtration politique des Mines de Norwège. Elles ont été ouvertes il y a pluſieurs ſiècles, & la légiſlation ſe ſent un peu du temps où elle a été établie; par exemple, les Habitans compris dans l'arrondiſſement de ces Mines, ſont obligés de vendre le bois néceſſaire à leur exploitation à un prix fixé par le Conſeil des Mines, & ne peuvent en vendre que la Mine n'ait la quantité néceſſaire. Le Conſeil des Mines taxe les denrées deſtinées à la conſommation des Mineurs. On ſait aujourd'hui que de pareils réglemens ſont contraires à la Juſtice, parce qu'ils attaquent la propriété, & que, ſans même examiner une foule d'autres raiſons, celle-ci ſuffiroit ſeule pour les faire proſcrire.

Sur des Forges de Fer ſituées en Bretagne; par M. Duhamel.

Page 495. LE FER le plus commun, & juſqu'ici le plus utile des métaux, offre des ſingularités particulieres. Depuis l'état de chaux juſqu'à celui où il atteint la perfection

métallique, il ſe préſente dans une foule d'états différens, comme nous l'avons déjà obſervé. Le paſſage de l'un à l'autre, eſt ſouvent difficile par les moyens connus, & ni la même Mine différemment traitée, ni les Mines différentes traitées de la même maniere, ne donnent la même eſpèce de Fer.

Les détails des différens procédés uſités dans les Forges ſont donc très-importans. M. Duhamel décrit ici celles de la Nouée & des Salles en Bretagne, il montre quels ſont les procédés les plus défectueux, il indique les moyens de les corriger. Ces détails deviennent d'autant plus importans, que tant que les Arts ne peuvent être dirigés par une théorie certaine, c'eſt une longue ſuite d'obſervations iſolées qui forme l'Art, & que la comparaiſon des différentes méthodes qui ſervent au même Art, ſont le ſeul moyen d'en éclairer la pratique.

On a eſſayé de faire des canons avec le Fer des Mines de la Salle, cet eſſai n'a pas réuſſi. M. Duhamel en donne les raiſons, & indique les moyens qu'on pourroit prendre pour y réuſſir & pour perfectionner en général l'Art de faire les canons de fer; il obſerve auſſi la cauſe d'une défectuoſité fréquente dans les boulets, & offre un moyen ſimple & ingénieux d'y remédier.

Sur la Mine de Plomb d'Helgoat, par le même.

LA MINE de Plomb d'Helgoat eſt placée dans une montagne graniteuſe, & elle renferme des filons de Mine dont juſqu'à quatre cens cinquante pieds de Page 711.

profondeur, dernier terme où l'on ait fouillé, le toît & le mur d'un côté ſont des galets ſemblables aux galets roulés que la mer laiſſe ſur ſes bords. Le toit de ces galets eſt incliné quelquefois de 70 degrés à l'horizon, & on n'en trouve aucun dans le filon même. L'Auteur n'entreprend point d'expliquer ce phénomène.

M. Duhamel remarqua, dans le filon, une terre noirâtre & une terre ocreuſe qu'on négligeoit dans l'exploitation. Il les examina, il trouva que toutes deux contenoient du Plomb & de l'argent; depuis ce temps, les propriétaires des Mines ont ceſſé de les négliger.

Sur les différentes graiſſes du Verre, par M. d'Antick.

Page 481.

ON ENTEND par graiſſe du Verre différens défauts qui en altèrent la tranſparence & la couleur, & qui ſe trouvent ſouvent dans les Verres blancs & dans les glaces ſoufflées, les Verres verts & les glaces coulées en ſont exempts.

M. d'Antick trouve la cauſe de ce défaut dans les ſels neutres, tels que le tartre vitriolé, le ſel marin, qui ſe trouvent mêlés aux alkalis employés dans la fabrication du Verre. Ces ſels en effet ſe trouvent exiſter encore en nature dans les Verres fort gras, & on les ſépare en partie par les lotions. Le Verre où l'on a fait entrer des alkalis mêlés de ces ſels, ne ſont exempts de graiſſe que lorſque, ſoit par la force du feu, ſoit par la proportion d'alkali & de ſable, ſoit par l'addition des matières qui contiennent du phlogiſtique, ces acides ont été chaſſés en entier.

La cauſe du mal étant connue, les remèdes ſont indiqués; mais il falloit en trouver qui ne fuſſent pas diſpendieux & ne produiſiſſent pas de nouveaux inconvéniens. Le charbon, par exemple, détruit les graiſſes, en facilitant l'expulſion des acides, mais il produit ſouvent des bulles.

M. d'Antick propoſe deux moyens, l'un eſt une méthode ſimple de purifier les alkalis d'une maniere ſuffiſante, l'autre eſt l'addition d'une certaine quantité de chaux.

Sur la purification du Camphre, par M. de Bomare.

QUOIQU'ON trouvât dans les livres de Chymie différens procédés pour raffiner le Camphre par ſublimation, on doutoit encore ſi cette opération ne ſe faiſoit point par voie de fuſion. M. de Bomare, dans ſon voyage de Hollande, entra dans une raffinerie, &, du premier coup-d'œil, il vit qu'il ne pouvoit y avoir de doute. A ſon retour cependant il crut devoir répéter le procédé qu'il avoit deviné, & le ſuccès de ſes expériences a été complet. Page 470.

ANALYSE.

Sur les fonctions arbitraires, par M. Monge.

L'OBJET de M. Monge, dans ce Mémoire, eſt la détermination des fonctions arbitraires qui entrent dans les intégrales des équations aux différences finies. Page 345.

La forme de ces arbitraires étoit connue pour le cas où l'une des différences étoit conſtante. M. Monge la donne ici pour différentes autres hypothèſes; mais

l'intégrale une fois trouvée, ainſi que la forme de la fonction arbitraire qui y rentre, il reſte à déterminer cette fonction d'après les conditions particulieres de chaque problême. M. Monge démontre d'abord que, ſi ces conditions ſe bornent à ſatisfaire à un nombre fini de valeurs, ou en regardant une courbe comme le lieu de l'équation, ſi elle eſt ſeulement aſſujétie à paſſer par un nombre de points fini, l'intégrale n'eſt pas déterminée; il prouve enſuite que ce doit être ou à un nombre infini de valeurs particulieres priſes entre certaines limites, ou à une portion de courbe que l'équation doit ſatisfaire. Il montre comment, d'après ces conditions, on peut conſtruire l'intégrale cherchée, & il en tire cette conſéquence générale, que comme une équation aux différences partielles repréſente toutes les ſurfaces courbes qui ont une même formation, une équation aux différences finies repréſente toutes les courbes planes qui ont auſſi la même formation.

Comme les fonctions arbitraires qui entrent dans les intégrales des équations aux différences finies, ne ſont pas rigoureuſement arbitraires, mais aſſujéties à certaines conditions, il paroît paradoxal de dire qu'elles peuvent, pour un eſpace fini de valeurs priſes à des points quelconques, ſatisfaire à telle équation qu'on voudra. Cependant, en réfléchiſſant ſur la nature de ces conditions, on verra qu'elles ne ſont abſolues que dans le cas où l'on voudroit conſerver la loi de continuité dans toute la ſuite des valeurs d'une indéterminée, ou dans toute la courbe qui en eſt le lieu. Dans le cas où l'on renonceroit à la loi de continuité, ces conditions ceſſent

d'être néceſſaires ; ainſi, l'on peut déterminer à volonté, ou une ſuite de valeurs pour un eſpace fini, ou une partie finie de la courbe.

GÉOMÉTRIE.

Sur les ſurfaces développables, par le même.

M. MONGE donne ici la condition générale à laquelle doit être aſſujétie l'équation d'une ſurface courbe, pour que cette ſurface ſoit développable ſur un plan. Ce Problême avoit déjà été réſolu par M. Euler, mais M. Monge le réſout ici d'une manière plus complète. Ses conſidérations ſur ce genre de ſurfaces le conduiſent enſuite à l'intégration, à la conſtruction & à la détermination des arbitraires dans des équations aux différences partielles, dont, ſans ces conſidérations géométriques, il eût été difficile de donner une analyſe auſſi complète. Une ſurface développable eſt déterminée par la condition qu'elle doit paſſer par deux courbes à double courbure, ou que toutes les lignes droites qui la forment, doivent être tangentes à deux ſurfaces données ; & M. Monge montre que le problême le plus général qu'on puiſſe propoſer ſur la détermination des ombres & des pénombres, dépend de la ſolution de ce problême : deux ſurfaces courbes étant données, trouver la ſurface développable qui touche les deux ſurfaces dans tous les points communs qu'ils ont avec elles. Page 382.

On nomme ſurfaces gauches, les ſurfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite. Toutes les ſurfaces développables ſont donc des ſurfaces gauches, mais tous

les corps gauches n'ont pas des ſurfaces développables. M. Monge montre quelles ſont les conditions analytiques communes aux ſurfaces développables & à celles des corps gauches, & quelle eſt celle qui fait enſuite que la ſurface d'un corps gauche eſt développable.

Sur les ſurfaces courbes, par M. de Tinſeau.

Deux Mémoires, pages 593, 625.

LE PREMIER MÉMOIRE de M. de Tinſeau eſt deſtiné à chercher les formules analytiques, qui donnent les équations de différens problêmes ſur les ſurfaces courbes, ou ſur les courbes à doubles courbures, telle eſt la détermination de leurs tangentes, de leurs points ſinguliers, l'expreſſion des élémens de la ſurface, de la ſolidité, de l'eſpace enfermé par les lignes à double courbure, &c.

On y remarque ſur les plans un Théorême ſynthétique analogue à celui du quarré de l'hypothénuſe pour les lignes, & qui donne l'élément des ſurfaces courbes, comme celui de Pythagore donne l'élément des courbes; un autre Théorême très-ſimple enſeigne à trouver ſur un cône des ſurfaces quarrables.

Dans le ſecond Mémoire, M. de Tinſeau examine d'autres problêmes relatifs aux ſurfaces gauches; il y développe quelques propriétés ſingulières d'un corps qu'il nomme parallélo'ide, & qui eſt engendré par le mouvement parallèle d'une ligne droite qui ſuit deux courbes données.

ANALYSE

ANALYSE

ET

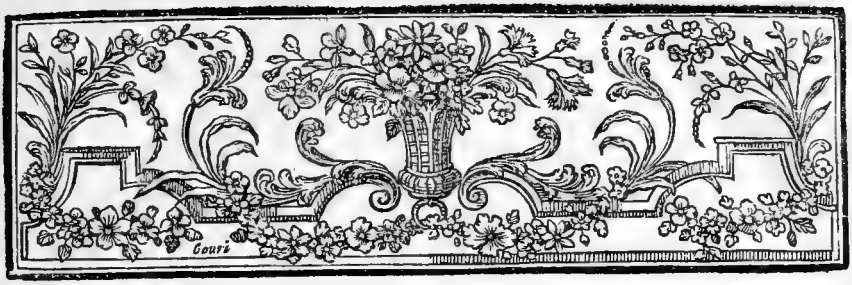
EXAMEN CHIMIQUE

DE L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

PAR M. QUATREMERE DIJONVAL,

Ecuyer, Entrepreneur de l'ancienne Manufacture Royale & privilégiée des Draps de Paignon, à Sedan.



ANALYSE
ET
EXAMEN CHIMIQUE
DE L'INDIGO,
TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE
POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

..... Vincant, queis Neptune dedisti,
Quanquam ô! . . . . . .

DEPUIS qu'on a tenté d'appliquer les Sciences aux différens Arts qui pouvoient leur correſpondre, il n'en eſt preſque point auquel cette époque n'ait valu les progrès les plus rapides. Réforme d'abus dangereux, procédés plus sûrs, manœuvres moins pénibles, économie immenſe ſur les frais; tels ſont les ſuccès preſque magiques que les Arts doivent aux Sciences; tels ſont les ſervices ſignalés qu'ils doivent à tant

d'hommes de génie, qui s'y ſont dévoués ſur-tout depuis un ſiécle. La teinture ſi digne, par ſon utilité, de participer à cette noble émulation qui enflammoit les Savans en faveur des Arts : la teinture liée d'ailleurs d'une maniere ſi intime, avec cette partie de la Phyſique (1), qui a peut-être le mieux mérité des hommes, eſt cependant celui de tous qui a fait le moins de progrès, & à peine ſort-il de l'enfance. Les Savans auroient-ils donc méconnu ſon utilité, ou ne lui auroient-ils réſervé qu'une attention médiocre & de foibles efforts? Non ſans doute ; des hommes pleins de lumiere, & ſur-tout verſés dans toutes les connoiſſances analogues à cet Art, ont tenté pluſieurs fois d'en éclairer la marche ; ils ſe ſont tranſportés dans les atteliers, ils ont abordé les Artiſtes ; mais tel a été, & tel ſera toujours le ſort des Savans les plus zélés en pénétrant dans les atteliers de teinture : ils ſeront preſque toujours reçus par la duplicité ou le myſtere. La plupart des Teinturiers devant ou croyant devoir leur fortune à des recettes particulieres, il n'eſt peut-être point de profeſſion plus dévouée à la manie des ſecrets, aux baſſes impreſſions de l'intérêt perſonnel.

Je ne mets pas cependant au rang de ces efforts infructueux, l'art de la teinture en laine par le célèbre M. Hellot, ainſi que celui qui a été fait depuis ſur la teinture en ſoie, ou-
*M. Macquer. vrage également digne de ſon illuſtre Auteur *, & bien fait pour être comparé à tous ceux dont il a enrichi la Chimie françoiſe. Mais, comme le dit cet Auteur lui-même dans la préface de ſon ouvrage ſur les ſoies, pour que la teinture pût recevoir des Sciences & du Génie, tous les ſecours qu'elle a droit d'en attendre, il faudroit que les barrieres qui ſéparent les Teinturiers d'étoffes ou d'objets différens, puſſent être détruites pour un moment; que ces Artiſtes puſſent s'entendre, pour donner un réſultat comparé de leurs travaux; ou au moins, il faudroit qu'un Savant fût aſſez heureux pour pénétrer non pas un ſeul attelier, ou des atteliers d'un même

(1) La Chimie.

genre, mais tous les atteliers de teinture poſſibles, & qu'il pût y obſerver comparément tous les différens moyens d'employer une même drogue ſelon la différence des ſubſtances & des étoffes. Ce ſeroit ſans doute le vrai moyen d'applanir toutes les difficultés dont eſt ſemé l'art de teindre, de réſoudre cette multitude de problêmes qui déſolent les Artiſtes au milieu de tous leurs ſecrets, & qui les font bien ſouvent repentir de ce ſilence qu'une folle crainte leur impoſe.

S'il eſt une partie dans la teinture encore plus ſemée d'épines que toutes les autres, & à laquelle un pareil Obſervateur auroit pu rendre les plus grands ſervices, c'eſt ſans contredit la teinture du bleu, ou l'emploi de l'indigo. C'eſt ſans doute auſſi ce qui a fixé les regards de ces hommes vraiment citoyens, qui propoſent aujourd'hui la récompenſe la plus flatteuſe, à celui qui aura donné les meilleures obſervations ſur l'indigo & ſon emploi. Placé depuis mon plus bas âge dans l'attelier de la France où l'on conſomme peut-être une plus grande quantité d'indigo, j'oſerai diſputer la Couronne, ou plutôt je rendrai compte de ce que j'ai vu, à ces citoyens zélés qui me le demandent par l'organe le plus reſpectable. Des mains exercées depuis un plus grand nombre d'années dans les manipulations délicates de la chimie, auront peut-être travaillé avec plus d'art & plus de ſuccès, mais sûrement aucun de mes rivaux ne ſera entré dans la carriere, avec un cœur plus déſintéreſſé, plus zélé pour le progrès des Arts, plus dévoué au bien de ſon pays.

D'ailleurs j'oſe dire que je n'ai épargné aucun des moyens qui pouvoient étendre mes connoiſſances ſur l'objet & la matiere du prix. Deſirant connoître plus à fond l'indigo en lui-même, & conſidéré avant tous les procédés de la teinture, j'ai parcouru toutes les Villes maritimes, & tous ceux de nos Ports qui ſervent comme d'entrepôt à cette marchandiſe précieuſe. J'ai eu le bonheur d'y trouver pluſieurs anciens habitans des Colonies, & qui avoient même gouverné des Indigoteries en perſonne. J'ai donc été à portée de conférer avec eux de

mes conjectures, de mes projets, & j'y ai puiſé preſqu'autant de connoiſſances, que ſi j'avois paſſé les mers, pour aller obſerver les Indigoteries elles-mêmes.

Également jaloux de comparer tous les procédés de teinture uſités dans les autres Villes, à ceux dont j'étois témoins dès mon enfance, j'oſe dire qu'il n'eſt aucune Ville de manufacture, ni aucun attelier un peu intéreſſant dans ces mêmes Villes, où je n'aie été puiſer de nouvelles lumieres, & obſerver les différents procédés. J'eſpere donc ne pouvoir être démenti par perſonne, lorſque j'avancerai que tel inconvénient eſt général, que tel préjugé eſt univerſel, & je puis aſſurer qu'avant de propoſer des changemens ou des remedes, j'ai été à portée d'obſerver tous les abus.

Cet Ouvrage excédera peut-être les bornes ordinaires des Mémoires qu'on préſente à l'Académie; mais la nouveauté de la matiere, ma poſition, & ſur-tout mes voyages, m'ont obligé d'embraſſer un plan plus étendu que je n'aurois d'abord cru moi-même. D'ailleurs mes Juges auſſi animés qu'ils le ſont de l'amour des Arts & du bien public, me pardonneront ſans doute aiſément, de n'avoir pu ſacrifier aucune des réflexions que j'ai cru pouvoir être utiles.

Je donnerai dans ma premiere partie un précis des opérations fondamentales de l'Indigoterie, qui offrent elles-mêmes de ſi beaux phénomenes au Phyſicien, & qui d'ailleurs ſont ſi étroitement liées avec les changemens que je propoſerai peu après. Je donnerai dans cette même partie, l'Analyſe chimique de l'Indigo, auquel j'ai tâché d'appliquer tous les moyens analytiques, & tous les menſtrues, qui ſont comme les agens de la Chimie; je la terminerai par des obſervations qui concernent encore l'Indigo en lui-même, & abſtraction faite de tous les procédés de la teinture.

Tous ceux qui exercent l'art de teindre, étant, ſi j'oſe dire, des Chimiſtes formés par la nature, & tous leurs procédés leur ayant été dictés par une eſpece d'Analyſe naturelle, j'ai cru

devoir donner dans ma ſeconde partie un tableau comparé de toutes les combinaiſons par leſquelles on applique l'Indigo à la teinture des ſoies, de la plus grande partie des cottons & des laines. J'aurois cru n'offrir qu'un tableau incomplet, ſi je m'étois borné dans cet ouvrage à parler uniquement des procédés de la teinture en laine; & ſi je n'avois donné, avant tout, un court expoſé de ceux-ci, j'aurois été inintelligible, lorſque j'aurois parlé des accidens qu'on y éprouve.

C'eſt le détail de ces accidens, & toutes les expériences que j'ai faites pour y remédier, qui rempliront la troiſieme & derniere partie. Quelques perſonnes trouveront peut-être que j'y parle d'une maniere bien aſſurée, ſur des faits auſſi ſinguliers & auſſi problématiques : mais j'oſe aſſurer que je n'avancerai rien qui ne m'ait été confirmé par une multitude d'expériences, & je crois pouvoir offrir de les renouveller ſous les yeux de tels Commiſſaires qu'il plairoit à l'Académie de nommer.

ANALYSE
ET
EXAMEN CHIMIQUE
DE L'INDIGO.

INDIGOFERE, Anil, & Indigo, ſont trois noms communs au végétal, dont on extrait cette ſubſtance colorante & ſolide, connue dans le commerce ſous le nom d'*Indigo*. On en diſtingue de deux ſortes à Saint-Domingue, & dans les Colonies voiſines, qui ſont celles d'où nous vient la plus grande partie de nos Indigos. L'Indigo franc eſt une eſpèce d'arbuſte aſſez ſemblable à celui qu'on connoît en France ſous le nom de *Genet;* il eſt aſſez touffu, s'éleve environ à trois pieds & demi, porte un feuillage très-verd, & qui dégage une odeur aſſez pénétrante, lorſqu'il touche à ſa maturité. L'Indigo bâtard ne differe du premier que par ſa hauteur qui eſt beaucoup plus conſidérable, & qui s'élève juſqu'à ſix pieds, par une feuille moins large, mais plus longue, & par une ſouche beaucoup plus forte. Ces deux eſpeces ſe plantent également à l'entrée de la belle ſaiſon, & lorſqu'on a lieu d'attendre des pluies douces, qui favoriſent beaucoup la levée de la plantule.

L'Indigo bâtard, & ſur-tout l'Indigo franc, ſont au plus trois mois à prendre l'accroiſſement qui leur eſt néceſſaire, & à donner tous les ſignes de la maturité. On profite alors des premiers jours favorables pour commencer la premiere coupe; mais on a l'attention de n'attaquer la tige qu'à un pouce

pouce & demi ou deux pouces de terre, attendu qu'on deſtine cette petite ſouche à produire des rejettons qui doivent faire eux-mêmes la matiere d'une nouvelle coupe, au bout de ſix ſemaines. L'Indigo, dans le moment même où il vient d'être coupé, & où il n'eſt encore qu'une herbe, eſt déjà ſi diſpoſé à la fermentation, qu'il s'échauffe & prendroit feu, ſi on le laiſſoit quelque temps en bottes ou en monceau. On n'épargne donc aucun des moyens qui peuvent accélérer le tranſport de cette herbe dans la cuve, & on prévient autant qu'il eſt poſſible les commencemens même de cette fermentation ſpontanée, attendu qu'elle fait le plus grand tort au reſte des opérations.

C'eſt ſans doute cette diſpoſition ſi marquée à la fermentation ſpiritueuſe, qui a engagé les premiers Obſervateurs à la favoriſer par des vaiſſeaux convenables, & par l'addition d'une certaine quantité d'eau. On a remarqué pour lors que cette fermentation, en tout ſemblable à la fermentation vineuſe, développoit comme celle-ci les parties généreuſes de l'Indigo, chaſſoit les atomes colorans hors de leur enveloppe, & en chargeoit l'eau ajoutée pour la macération; mais l'expérience a démontré en même temps que ce produit coloré, cet extrait précieux, après un certain degré de fermentation, développoit avec la plus grande promptitude tous les ſymptômes alkaleſcens, & qu'une fois réduit à l'état putride, on ne pouvoit plus en tirer aucun parti. On a donc cherché les moyens de prolonger la fermentation ſpiritueuſe tout le temps néceſſaire, ſans amener cependant la fermentation putride. Un mouvement rapide & continu a paru le plus propre de tous à remplir cet objet délicat; il étoit de plus le ſeul qui pût donner la conſiſtance néceſſaire à l'extrait: c'eſt ce qui a engagé à faire ſuivre le procédé de la fermentation ſpiritueuſe par celui du battage. La décantation & le repos étant les ſeuls moyens de faire paſſer un extrait de cette nature à une conſiſtance ſolide; c'eſt ce dont on a cru devoir s'occuper dans les dernieres manipulations, & c'eſt ce qui termine le travail.

Telle eſt la théorie, qui ſert de fondement à tout ce qui ſe pratique dans la fabrication de l'Indigo, & telles ſont les loix de ce beau travail qui s'exécute par l'appareil ſuivant.

Dans un attelier couvert, ou au moins abrité des principales injures du temps, on diſpoſe trois cuves compoſées d'une maçonnerie ſolide en amphithéâtre, & de maniere qu'elles puiſſent être vuidées les unes dans les autres. La premiere qui ſe nomme *la trempoire*, & dont la forme eſt ordinairement quarrée, eſt celle dans laquelle on jette l'herbe, auſſi-tôt qu'elle vient d'être coupée. Lorſque la cuve eſt chargée, on y introduit une quantité d'eau ſuffiſante pour la remplir à ſix pouces des bords, & on étend ſur le tout des paliſſades de bois, ſurmontées de deux autres pieces de bois tranſverſales, qui ſervent à les affermir. Celles-ci ſont arrêtées à quatre poteaux perpendiculaires au ſol, ſcellés en terre contre les parois de la cuve, & qui portent le nom de *clefs*.

Ces préparatifs ne ſont pas plutôt achevés, que la fermentation s'annonce par une prodigieuſe quantité d'air qui ſe dégage avec bruit, & par une multitude de groſſes bulles qui ſe ſuccédent. Toute l'eau qui ſurnage à la ſuperficie de la cuve, prend en même temps une teinture verte très-caractériſée. Lorſque la couleur verte eſt au plus haut point d'intenſité, on doit juger que la fermentation eſt également dans ſon plus fort, & d'ailleurs tout le manifeſte. Les bulles d'air qui ſe dégageoient d'abord ſont remplacées par des flots d'écume, qui s'élevent & retombent précipitamment dans la cuve. Le bouillonnement eſt même ſouvent d'une telle violence, qu'il briſe les palliſſades, & arrache ces poteaux ſcellés en terre, auxquels nous avons donné le nom de *clefs*. Une choſe bien digne de remarque, c'eſt que toute cette écume eſt inflammable, & que l'inflammation s'y communique d'une maniere tout auſſi rapide que dans l'eſprit-de-vin, ou l'éther.

Il n'y a point de régle fixe pour la durée de cette fermentation. Une infinité de circonſtances peuvent forcer à la

prolonger ou à la ſuſpendre, mais elle ne doit jamais durer moins de dix à douze heures. Lorſque l'Indigotier reconnoît par tous les ſignes accoutumés, que la fermentation eſt aſſez avancée, & que les atômes colorans commencent à ſe réunir, il ſaiſit ce moment pour couler tout l'extrait dans la ſeconde cuve, qu'on nomme la *batterie*, & qui eſt à-peu-près ſemblable à la premiere dans toutes ſes dimenſions. On commence auſſi-tôt l'opération du battage, qui ſe fait par le moyen d'inſtrumens nommés *buquets*. Ceux-ci ſont des eſpeces d'écoppes ſans fond, emmanchés à des bâtons de moyenne groſſeur, mais longs de dix à douze pieds, & qu'on appuie ſur les bords de la batterie, de maniere qu'ils puiſſent être agités ſans ceſſe de haut en bas. Quatre nègres qui frappent ſans ceſſe la ſuperficie de la liqueur avec ces inſtrumens, excitent de nouveau une écume conſidérable, & qui va quelquefois juſqu'à gêner le coup des buquets; mais il y a pluſieurs moyens très-ſimples de diſſiper, ou au moins de modérer cette écume. On ſent, comme je l'ai dit plus haut, qu'un mouvement auſſi rapide prolonge tous les avantages de la fermentation, ſans permettre à l'extrait de tourner à l'état putride; il eſt clair de plus qu'une agitation pareille favoriſe l'aggrégation des parties, qu'elle raſſemble les molécules colorantes ſi diviſées dans l'eau de la premiere cuve, & qu'elle forme peu-à-peu ce petit grain regardé par les Indigotiers comme l'élément de la fécule.

Il n'y a point encore d'époque fixe pour arrêter le battage, & c'eſt uniquement lorſque la fermentation du grain eſt bien décidée, qu'on doit le ſuſpendre. On le reconnoît encore lorſque la couleur de l'extrait, ſi verte avant le battage, devient d'un bleu aſſez caractériſé. On ſe garde bien de le couler alors précipitamment dans la troiſieme cuve: on laiſſe, au contraire, le tout en repos au moins l'eſpace de deux heures. Pendant cet intervalle, la partie jaunâtre qui étoit un des principes de la couleur verte, & qui ternit encore la vivacité du bleu, ſe ſépare de la fécule, la laiſſe

précipiter au fond de la batterie, & ſurnage à la partie ſupérieure de l'extrait, auquel elle donne une teinte dorée. C'eſt lorſque cette précipitation paroît bien accomplie, qu'on commence à décanter dans la troiſieme cuve. Celle-ci ſe nomme *baſſinot* ou *diablotin*, & au lieu de trois ouvertures ou robinets que porte la batterie, elle en a une ſeule à ſon extrêmité, qui doit aboutir à quelque ruiſſeau ou à quelque foſſe perdue. On commence par ouvrir le robinet ſupérieur de la batterie, & on laiſſe cette eau, après qu'elle eſt tombée dans le diablotin, ſe perdre & s'écouler dans la campagne. On en fait autant de l'eau qui s'échappe enſuite par le robinet placé un peu au-deſſous. La fécule, après ces deux décantations, ſe trouve preſqu'à ſec: on étanche encore autant qu'il eſt poſſible, le peu d'eau ſuperflue qui peut y reſter; après quoi, on lâche le dernier des trois robinets, & on y recueille précieuſement la fécule qui eſt d'une conſiſtance à demi-fluide.

Comme un plus long ſéjour dans cette cuve n'ajouteroit rien à la perfection de l'Indigo, on ne tarde guere à le retirer du diablotin. On introduit alors cette eſpece de vaſe dans des chauſſes de toile, qu'on ſuſpend les unes à côté des autres. L'Indigo s'y deſſeche de plus en plus. Lorſqu'il eſt preſqu'à l'état de pâte, on le coule ſur des caiſſes quarrées, dont le rebord a environ deux pouces & demi, & on laiſſe d'abord ces caiſſes à l'ombre ſous des hangards, qu'on nomme *ſécheries*, ou bien on les expoſe à l'air libre, mais avant la grande ardeur du ſoleil. Peu-à-peu on les expoſe à une chaleur plus vive, & à un ſoleil plus ardent. Lorſqu'enfin on s'apperçoit que cette pâte eſt parvenue au point de deſſication deſiré, on la diviſe en parties, de la groſſeur & de la forme connues dans le commerce. Tout le monde ſait que cette forme approche aſſez d'un cube exact, portant deux pouces ou un peu plus ſur ſes faces. Après avoir laiſſé ces cubes, qu'on nomme alors *pierres d'Indigo*, ſe reſſuyer encore quelque tems à l'ombre des hangards, elles n'ont plus aucune façon à recevoir, & on peut de ce moment les mettre en futaille.

POUR DÉTERMINER la nature des parties intégrantes de l'Indigo, & connoître d'abord la quantité de matiere huileuſe qu'il contenoit, j'ai diſtillé dans une cornue de verre luttée, quatre onces du plus bel Indigo connu; il a paſſé de l'eau odorante, de l'eſprit alkali volatil, de l'huile verdâtre empyreumatique, dont une partie étoit peſante, & l'autre légere : le réſidu de la diſtillation étoit noir & ſpongieux, & peſoit deux onces quatre gros & demi.

Produits de la diſtillation de quatre onces d'Indigo.

	onces.	gros.
Eſprit alkali volatil.	0	2
Huile légere.	0	1
Huile peſante.	0	3
Charbon.	2	4
Total.	3	2

Il s'eſt perdu durant cette opération ſix gros de matiere, dont la plus grande partie m'a paru être de l'air ; ce que j'ai reconnu par l'appareil chimicopneumatique de Hales.

Le réſidu de la diſtillation de l'Indigo ayant été expoſé au feu pour être converti en cendres, ne s'eſt incinéré que très-difficilement, & ces deux onces quatre gros de charbon n'ont fourni après cette opération que trois gros de cendres griſâtres, qui ne faiſoient pas effervescence avec les acides ; l'eſprit de nitre verſé ſur ces cendres leur a fait prendre une couleur brune.

Les cendres de l'Indigo contiennent du fer attirable par l'aimant.

J'ai diſtillé une partie de ces cendres d'Indigo avec ſix parties de ſel ammoniac; il ne s'eſt dégagé que quelques gouttes d'alkali volatil; le ſel ammoniac, qui s'eſt ſublimé dans le col de la cornue, avoit une couleur jaune; le réſidu étoit d'un gris blanchâtre.

J'ai diſſous le ſel ammoniac coloré dans de l'eau diſtillée; j'en ai ſéparé le fer en verſant dans cette diſſolution de l'alkali fixe du tartre.

La couleur bleue de l'Indigo n'eſt pas altérable par l'acide vitriolique, ni par l'acide marin. Lorſqu'on verſe l'un ou l'autre de ces acides ſur l'Indigo en poudre, ils font une légere efferveſcence; il n'en eſt pas de même de l'eſprit de nitre qui décompoſe la couleur bleue avec la plus forte efferveſcence.

J'ai verſé une once d'acide nitreux précipité ſur deux gros d'Indigo en poudre; le mêlange s'eſt prodigieuſement bourſoufflé, & a pris une couleur d'un rouge framboiſe : la pâte qui a réſulté de ce mêlange étoit gluante, tenace, & tachoit la peau d'un jaune de ſafran.

L'eau régale décompoſe avec efferveſcence l'Indigo, & le réduit à-peu-près dans le même état que l'acide nitreux.

L'acide du citron, la crême de tartre, & le vinaigre; ne m'ont pas paru altérer la couleur bleue de l'Indigo, quoique j'aie tenu ces menſtrues en digeſtion avec cette fécule.

Les alkalis n'ont pas une action ſenſible, ou au moins apparente ſur l'Indigo. L'alkali fixe du tartre en a dégagé une odeur lixivielle, que j'ai cherché à coërcer, en mettant ce mêlange d'alkali & d'Indigo avec quatre parties d'eau diſtillée, dans un alembic de verre, que je plaçai ſur un bain de ſable; l'eau qui diſtilla durant cette opération n'avoit aucune propriété alkaline.

L'alkali volatil, mis en digeſtion avec l'Indigo, n'a pas non plus altéré ſa couleur, & m'a paru n'attaquer aucune de ſes parties d'une maniere ſenſible. Mais il faut bien ſe garder d'en conclure que les alkalis en général ſoient ſans effet à l'égard de cette fécule; il n'eſt peut-être point, au contraire, d'agens chimiques qui aient autant d'analogie avec elle, qui favoriſent autant le développement de ſes parties; & il paroît même que cette vérité a été connue une des premieres aux Artiſtes. Les Teinturiers en laine ont coutume de laiſſer l'Indigo en macération dans l'urine un tems conſidérable, avant de l'employer. Un des procédés les plus intéreſſans de la teinture en coton eſt de préparer une leſſive de ſoude & de chaux, dans laquelle on fait de même macérer l'Indigo un certain tems, avant de le moudre: mais ce qui m'a convaincu de plus en plus de la grande action des alkalis ſur l'Indigo, ce ſont les expériences que j'ai faites en cherchant à perfectionner le bleu de Saxe.

On ſait aſſez généralement que le bleu de Saxe s'obtient par un mêlange de l'huile de vitriol, avec un Indigo de la qualité la plus fine, & diviſé en parties le plus menues qu'il eſt poſſible. Ce mêlange, qui porte dans la teinture le nom de *compoſition*, eſt aſſurément une découverte précieuſe, puiſque c'eſt à elle ſeule qu'on doit le bleu & le verd de Saxe, deux couleurs auſſi riches que brillantes; mais il s'en faut bien qu'elles ſoient portées l'une & l'autre à leur perfection. De tous les atteliers de teinture que j'ai parcourus, j'en ai trouvé au plus un ou deux où on eût le ſecret de faire pénétrer la compoſition dans l'intérieur des étoffes; ce qu'on appelle en terme d'art, *percer* ou *trancher*, & ce qui eſt le ſeul moyen de rendre en même-tems une couleur durable & ſolide. Preſque tous les Teinturiers avec leſquels je me ſuis entretenu de cette matiere, m'ont dit avoir fait toutes tentatives inutiles, & même y avoir renoncé.

Après avoir fait auſſi beaucoup d'expériences ſans ſuccès, j'ai tenté de neutraliſer l'acide vitriolique par le mélange d'un alkali. J'ai introduit en conſéquence, à différentes repriſes, une once d'alkali fixe dans un vaiſſeau qui contenoit déjà ſix

onces d'huile de vitriol, & une once d'Indigo bien diſſous. Dès que la plus petite partie d'alkali fixe fut en contact avec le mêlange, j'ai remarqué une chaleur & une effervescence plus conſidérables, que lors même qu'on mêlange l'acide vitriolique & cet alkali, pour obtenir du tartre vitriolé. J'ai été auſſi plus ſuffoqué par les vapeurs que dans cette derniere opération. Ayant ajouté peu-à-peu le reſte de mon alkali, le mêlange s'eſt élevé beaucoup au-deſſus des parois du vaſe; mais ayant ceſſé après quelques minutes de l'agiter, le bourſoufflement s'eſt entiérement diſſipé, & le mêlange eſt revenu à l'état fluide.

Je l'ai jetté alors dans une quantité proportionnée d'eau bouillante, & j'y ai plongé un morceau d'étoffe. En moins de ſept à huit minutes, j'ai réuſſi non-ſeulement à teindre l'étoffe dans le bleu le plus vif & le plus foncé, mais encore à en pénétrer la corde, & à rendre ce que les Teinturiers appellent la *tranche*, d'une nuance auſſi foncée que la ſuperficie de l'étoffe. Ayant réitéré nombre de fois l'expérience en grand, & toujours avec les mêmes effets, je crois pouvoir la propoſer aux Artiſtes comme la ſolution de toutes les difficultés qu'ils éprouvent à l'égard de cette couleur: elle offre de plus, comme je l'ai déjà dit, la preuve la plus complette de l'influence qu'ont les alkalis ſur l'Indigo, & elle démontre bien que loin d'en altérer les parties colorantes, comme quelques perſonnes le prétendent, ils les avivent au contraire, les rendent plus pénétrantes, & leur communiquent de la fixité.

Voulant connoître ſi l'Indigo ne contenoit point de partie extractive, j'ai tenté de le diſſoudre par les menſtrues vineux. J'en ai introduit dans cette vue quantité égale dans un flacon rempli d'eſprit-de-vin, & dans un autre rempli d'éther. Ayant bien bouché le tout, & l'ayant abandonné juſqu'au lendemain, j'ai remarqué, après cet eſpace, que la couleur claire & limpide de ces deux liqueurs s'étoient changées en une couleur jaune. Ayant continué à laiſſer l'Indigo en digeſtion, la couleur s'eſt foncée de plus en plus, & eſt devenue d'un rouge fauve

fauve très-caractériſé. Lorſque j'ai cru appercevoir que la couleur ne ſe fonçoit plus davantage, j'ai décanté les deux liqueurs qui étoient également chargées, & j'ai conſidéré, avec la plus grande attention, mon Indigo que j'avois diviſé avant en parties très-menues. J'ai reconnu alors, par toutes les expériences qui pouvoient m'éclairer, que la couleur bleue, loin d'avoir été altérée, étoit au plus haut point d'intenſité & de richeſſe; que les principes colorans en bleu, loin d'avoir rien perdu d'eſſentiel dans cette digeſtion, y étoient devenus plus libres, plus actifs, & ne s'y étoient que débarraſſés d'une matiere ſuperflue, & même très-nuiſible à la teinture. Enfin les extraits réſineux étant les ſeuls colorans & ſolubles dans les liqueurs ſpiritueuſes, j'ai reconnu que la matiere colorante rougeâtre, obtenue par cette digeſtion, étoit exactement d'une nature extracto-réſineuſe.

Ce ſuccès, qui n'en ſeroit pas un pour l'art de la teinture, vu la cherté des menſtrues ſpiritueux, m'a engagé à tenter d'obtenir les mêmes effets d'une maniere moins coûteuſe. Tous les extraits réſineux étant également ſolubles dans l'eau commune, j'ai mis de l'Indigo diviſé de même en parties très-menues dans un bocal rempli d'eau non diſtillée, & j'ai amené le tout à une légère ébullition, par le moyen du bain de ſable. L'eau n'a pas tardé à prendre exactement les mêmes caracteres que les deux liqueurs ſpiritueuſes. Devenue d'abord rouſſe, elle a pris une couleur de plus en plus fauve, à meſure que la digeſtion a été continuée. Voulant, dans cette expérience, dépouiller la fécule autant qu'il me ſeroit poſſible de la partie extractive, j'ai renouvellé l'eau, & j'en ai rendu juſqu'à ce que l'Indigo ne lui communiquât plus la teinture la plus légère de fauve ou de rouge. L'Indigo que j'ai retiré, après avoir décanté cette derniere eau, loin d'être plus altéré que le premier, par une ſi longue ébullition, & par cette ſuite de leſſives, m'a paru, au contraire, d'un bleu encore plus éclatant; & quoique ce fût du Saint-Domingue que j'avois employé dans cette expérience, j'ai reconnu qu'elle lui avoit donné toutes les qualités & tous

les caracteres qui diſtinguent les ſuperbes Indigos connus ſous le nom de *Guatimalo*.

J'ai appliqué enſuite ce procédé au Guatimalo lui-même. L'eau en eſt pareillement ſortie très-colorée ; mais la matière extractive y étoit évidemment dans une quantité beaucoup moindre, & la couleur de l'eau étoit beaucoup moins foncée. Ayant continué l'expérience ſur des Indigos d'une qualité moyenne, la gradation que j'ai obtenue dans la nuance des diſſolutions, & dans la quantité de la matiere extractive, m'a démontré de plus en plus que l'une & l'autre étoient toujours en raiſon de la qualité elle-même de l'Indigo, & que ce rapport étoit un des plus exacts qu'on puiſſe deſirer.

On aura peut-être quelque peine à concevoir qu'une opération ſi ſimple métamorphoſe des Indigos communs en Indigos d'une qualité & d'un prix infiniment ſupérieurs ; que ces derniers même, après l'avoir ſubi, ſoient portés à un degré de perfection & de pureté, qui ne trouve plus de terme de comparaiſon ; mais qu'on ſe rappelle ce que nous avons dit dans notre Théorie abrégée des travaux de l'Indigoterie. Nous y avons fait remarquer que la couleur verte qu'offroit d'abord l'extrait étoit dûe à une partie jaunâtre, mêlée dans ce premier développement avec les parties bleues de la plante ; qu'un des principaux objets du battage étoit de dégager ces deux parties l'une de l'autre, & de précipiter les parties bleues, qui, comme plus peſantes, ne manquent jamais de laiſſer ſurnager toutes les autres : c'eſt même un principe connu de tous les Indigotiers, qu'un Indigo eſt d'autant mieux réuſſi, qu'il a été plus repoſé après le battage, & par conſéquent mieux dégagé de ſon jaune. N'eſt-il pas clair, d'après cela, que ces parties qui colorent les diſſolutions de l'Indigo, dans un jaune ſi foncé, ne ſont autre choſe qu'un réſidu de ces parties jaunes qu'on cherche à diſſiper par le battage, & qui ſont reconnues des Indigotiers eux-mêmes comme nuiſibles ; que toute opération propre à renouveller ou à perfectionner l'extraction du battage, doit perfectionner infiniment la qualité de l'Indigo

même ; & ſi ces parties nuiſibles engagées en plus ou moindre quantité dans tous les Indigos quelconques, n'ont pas encore été reconnues, c'eſt qu'on n'a peut-être jamais cherché à raffiner, ſi j'oſe dire, les Indigos, une fois qu'ils ont été exportés hors des Colonies.

Le premier parti que les Artiſtes pourront tirer de cette découverte, eſt un moyen infaillible de reconnoître au juſte la qualité des différens Indigos, & de les comparer avec la plus grande exactitude. La légèreté, la fineſſe de la pâte, le cuivré intérieur, le poli de la caſſure, ne ſont bien ſouvent que des ſignes équivoques, & ne ſont que trop fréquemment démentis par l'emploi. Si on ſe rappelle, au contraire, le rapport conſtant que je viens de démontrer entre la quantité de la matiere extractive, & la qualité ſpécifique de l'Indigo, on conviendra que le procédé que j'indique offre le moyen le plus ſimple, le plus précis, & en même tems le plus ſenſible de réuſſir à cet examen, ſur lequel il y a eu juſqu'à préſent ſi peu de principes sûrs.

Mais l'avantage, ſans contredit, encore plus précieux que me ſemble offrir cette expérience, eſt d'épurer tous les Indigos quelconques d'une quantité plus ou moins grande de parties toujours nuiſibles, & d'aviver non-ſeulement ceux de baſſe qualité, mais même les plus fins & les plus accomplis. Les Teinturiers trouveront, ſans doute, plus d'un moyen d'exécuter en grand un procédé ſi ſimple; mais celui que je crois devoir leur preſcrire de préférence, eſt d'introduire l'Indigo le plus diviſé qu'il ſera poſſible, dans des ſacs d'une toile aſſez ſerrée pour ne point laiſſer paſſer le menu ou la pouſſiere; d'emplir une petite chaudiere d'eau commune, d'y faire bouillir l'Indigo contenu dans ces ſacs à un bouillon léger, & de renouveller l'eau juſqu'à ce que l'Indigo ne lui communique plus la moindre couleur rouſſe. Si on ſe contentoit d'étendre l'Indigo ſur une toile, & d'y jetter pluſieurs leſſives d'eau bouillante, ou de jetter cette même eau dans un cuvier qui contiendroit de l'Indigo, chaque partie auroit

bien plus de peine à être attaquée per l'eau bouillante, & il en réſulteroit d'ailleurs une multitude d'autres inconvéniens.

Mes Juges approuveront ſans doute que j'aie pouſſé mes recherches encore plus loin, & qu'après avoir trouvé ces moyens de perfectionner un Indigo quelconque, immédiatement avant ſon emploi, je me ſois occupé de l'altération générale qui regne depuis pluſieurs années dans toutes les claſſes d'Indigo. Je vais donc expoſer mes vues ſur un problême dont la ſolution eſt ſi intéreſſante, & propoſer en même-temps des moyens de remédier à pluſieurs autres abus.

Les produits de l'Art ſont ordinairement d'autant plus parfaits, qu'ils s'éloignent davantage de l'inſtant de leur découverte. Ce n'eſt même que le temps, & les manipulations réitérées, qui les conduiſent ordinairement à leur perfection; mais il n'en a pas été de même de l'Indigo. Voilà bientôt cent ans que l'Indigo & ſes préparations ſont connues. Le débit rapide qu'ont eu les premiers eſſais, a fait naître des Indigoteries dans toutes les parties du nouveau monde. Le prix de cette fécule eſt aujourd'hui le double de ce qu'il étoit même il y a dix ans; & nous ſommes cependant forcés de regretter le temps où les Indigoteries étoient au berceau. Si on compare les qualités actuelles à d'anciens échantillons des mêmes qualités, on apperçoit la différence la plus frappante dans tous les caracteres qui conſtituent le bon Indigo. Ce que les ouvriers appellent *rendement*, ou *rapport dans les cuves*, eſt abſolument changé depuis quelques années: enfin (ce qui n'eſt qu'une démonſtration trop complette), il faut aujourd'hui preſque le double des anciennes doſes, pour obtenir les mêmes effets. L'économie bien mal entendue de quelques propriétaires d'Indigoteries ſur les préparations & les travaux contribue ſans doute beaucoup à cette altération marquée, & qui fait preſque chaque année de nouveaux progrès; mais les chefs d'Indigoteries les plus déſintéreſſés, commencent à ſe plaindre eux-mêmes, que

leurs travaux deviennent plus ingrats & plus pénibles que jamais; que les Indigos bruts ſemblent plus appauvris de parties colorantes, moins pourvus de ces parties fermenteſcibles qui favoriſent l'extraction de la plante; & il arrive fréquemment que des parties entières refuſent de s'extraire dans la trempoire. Ces derniers accidens proviennent ſans doute de cauſes antérieures à toutes manipulations. Quelles peuvent être ces cauſes? le végétal lui-même ſeroit-il altéré? peut-on ſe flatter de remédier à cette altération, ſuppoſé qu'elle fût démontrée? Je vais haſarder à ce ſujet quelques réflexions que j'ai puiſées dans des informations exactes ſur l'état de nos Colonies.

L'Indigo, ainſi que les autres productions végétales du nouveau monde, y exiſtoit probablement lors de la découverte, en petite quantité, & diſperſé çà & là, comme le ſont toujours les productions ſpontanées d'un ſol quelconque; le parti précieux qu'on n'a pas tardé à en tirer pour la teinture, l'a bientôt rendu un des objets les plus intéreſſans de la culture & des défrichemens. Ces terres nouvellement défrichées, & qui peu de temps avant étoient même couvertes de bois, ont donné d'abord les productions les plus vigoureuſes. La culture étoit preſque ſuperflue. Les propriétaires d'Indigoteries recueilloient alors des fruits immenſes de leurs habitations, & les Indigos ſemés dans le commerce étoient de la qualité la plus accomplie. Peu-à-peu, ces terres couvertes auparavant de forêts, & qui ne ſe trouvoient plus défendues des ardeurs du ſoleil par leurs nouvelles productions, ont dû par cela ſeul perdre beaucoup de leur ſuc & de leur vigueur. Tourmentées ſans relâche pour donner de nouvelles récoltes, & brûlées en même-temps par le ſoleil le plus ardent à leur ſurface, elles n'ont pu que beaucoup dégénérer. Une culture approfondie auroit remédié de bonne heure à tous ces inconvéniens; mais la ſeule culture qu'on ait donnée juſqu'à préſent aux champs d'Indigo, conſiſte à retourner légérement la terre avec des houes; & qui ne ſait encore que ce travail, comme tous

ceux des Colonies, eſt confié au bras languiſſant & énervé des Noirs? Ces premiers terreins, toujours façonnés à demi par des bras ſans vigueur, ont donc dû dégénérer de plus en plus, ainſi que leurs productions; les nouveaux défrichemens qui ſe ſont faits, encore aux dépens des forêts, & qui ont formé de nouvelles Indigoteries, ont perpétué pendant quelque temps les Indigos de premiere perfection, & ſi j'oſe dire, de premier aloi; mais il ne faut plus compter à l'avenir ſur cette reſſource. Loin de voir jour à ce que les Colonies s'étendent davantage, on remarque qu'elles ſont déjà trop étendues, en raiſon des Nègres qu'on peut employer à leur culture. Ces malheureuſes victimes deviennent tous les jours de plus en plus rares. On diroit que la ſource commence auſſi à s'en tarir.

Le ſeul moyen qui ſelon moi remédieroit à un mal ſi alarmant, & qui peut-être changeroit la face de toutes nos Colonies, ſeroit de renoncer entièrement à la maniere actuelle de façonner les champs à Indigo, d'abandonner les houes qui entrent à peine de quelques pouces dans la terre, qui demandent les plus grands efforts pour ne produire preſqu'aucun effet, & qui ont le vice plus grand encore de retenir à-la-fois un nombre conſidérable de Nègres. Je voudrois qu'à un inſtrument ſi mal combiné on ſubſtituât une de nos charrues, & même une de nos plus lourdes charrues. Mon projet révoltera ſans doute au premier aſpect tous nos Colons. On m'objectera que tous les terrains de l'Amérique ſont fort différens des terreins de l'Europe; qu'ils ſont beaucoup plus meubles; que des inſtrumens légers y font par conſéquent plus d'effet: enfin que ſi l'appauvriſſement des terrains pouvoit être réparé par quelque voie, il le ſeroit depuis long-temps par les excellens fumiers de Mill & d'Indigo pourris qu'on répand à leur ſurface. Du moins telles ſont les différentes objections qui m'ont été faites dans les différens ports de mer où j'ai haſardé mon ſyſtème; mais j'ai trouvé dans les mêmes ports des perſonnes encore plus verſées dans la connoiſſance des Colo-

nies, qui avoient même dirigé autrefois en perſonne des Indigoteries, & qui ont adopté preſque ſans exception toutes mes vues. On ne peut diſconvenir, en effet, qu'un terrain quelconque, meuble ou non, ne gagne beaucoup à être retourné à fond. Le terrain des Indigoteries y gagneroit d'autant plus qu'on ne ſeme point la graine d'Indigo en l'éparpillant ſur la ſurface du champ, comme nous ſemons le bled, mais en faiſant des trous aſſez profonds dans la terre, & y jettant un certain nombre de grains. Si les excellens fumiers qu'on emploie pour ranimer la vigueur des terres ont peu d'effet, c'eſt préciſément parce qu'elles ſont à peine retournées. Qu'on introduiſe le coutre de la charrue dans ces terres ſi bien fumées, alors les ſucs précieux du fumier, au lieu d'être pompés ſans ceſſe par l'ardeur du ſoleil, & de s'exhaler en vapeurs, pénétreront à la profondeur où le travail de la végétation s'ébauche & ſe développe ; ils y formeront inſenſiblement un nouveau terrain bien plus généreux & plus alimentaire que le premier, & les terrains même déſeſpérés redeviendront infailliblement fertiles (1). La ſeule objection que je trouverois invincible ſeroit ſi le ſol de l'Amérique ne permettoit d'élever ni bœufs, ni chevaux ou mulets ; mais il n'en eſt point à cet égard de l'Amérique comme des Indes Orientales. Tous les beſtiaux s'y élevent ſans difficulté : on y éleve même des chevaux ſpécialement pour les Indigoteries, attendu que, dans un très-grand nombre, les buquets des batteries ne ſont mis en mouvement que par des chevaux ou des mulets. Tous les propriétaires d'habitation qui ne ſeront point dominés par la routine & les préjugés, conviendront donc que l'introduction des charrues dans

(1) Je tiens de M. Tillet, un de nos plus grands Obſervateurs dans le règne végétal, que toutes les plantes frugiferes perdent au lieu de gagner, par une culture approfondie, & des fumiers très-gras ; mais que tous les végétaux dont la partie précieuſe, comme celle de l'Indigo, réſide dans l'écorce ou dans les feuilles, déclinent au contraire ſenſiblement, & finiſſent par s'altérer totalement, ſi on ne façonne à fond la terre qui les entoure, & ſi on ne la renouvelle par des ſucs étrangers, tels que ceux des meilleurs fumiers.

les champs d'Indigo n'offre que des avantages ſous tous les points de vue; que cet inſtrument ne peut être ſujet à aucun inconvénient dans les pays de plaine, & qu'avec de légères modifications on le rendroit également propre à la culture des Mornes. Au reſte, je ne tarderai point à avoir la démonſtration la plus complète ſur cette matiere. Avant de quitter Nantes & Bordeaux, j'ai décidé quelques amis à faire charger des charrues ſur des navires prêts à partir pour Léogade & les Cayes Saint-Louis. Quels que ſoient les effets de ces inſtrumens, que je crois inconnus, ou au moins ſans uſage dans toutes nos Colonies, je ſaiſirai la premiere occaſion de les rendre publics.

Il eſt une autre réforme qui paroîtra peut être avoir un objet moins eſſentiel, mais qui, introduite une fois dans toutes les Indigoteries, procurera encore des avantages inappréciables à tous ceux qui ont rapport, ſoit à la vente, ſoit à l'emploi de l'Indigo. J'ai dit dans le récit abrégé des opérations de l'Indigoterie, que ceux qui conduiſent ces travaux, après avoir retiré la fécule du Diablotin, l'introduiſent dans des chauſſes de toile, où ils la laiſſent s'égoutter un certain temps; que lorſqu'elle n'eſt plus qu'à demi-fluide, on la verſe ſur des caiſſes quarrées, dont les rebords ont environ deux pouces; enfin j'ai ajouté que lorſque l'Indigo étoit parvenu à l'état d'une pâte un peu ſolide, on partageoit cette ſurface unie par le moyen de couteaux faits exprès, en petits cubes d'environ deux pouces ſur toutes les faces, & que ces cubes ou petites pierres étant bien reſſuyés, on les mettoit en futailles, en ayant attention de les ſerrer & de les comprimer le plus qu'il étoit poſſible; mais il réſulte toujours les plus grands inconvéniens de ces dernieres manipulations, quelques ſoins qu'on y apporte.

Toutes ces pierres ou cubes étant d'un trop petit volume pour être arrangés avec ordre dans les futailles, & leur petiteſſe obligeant, au contraire, de les jetter au haſard, cette quantité innombrable d'angles & de ſurfaces forme preſqu'autant de vuides, qui ſont encore augmentés par le retrait que ſubiſſent

les

les pierres en ſe ſéchant de plus en plus. De-là une vacillation qui occaſionne la fracture d'une quantité conſidérable de pierres, dans tous les mouvemens qu'on donne à l'Indigo en futaille. L'Indigo ne pouvant être employé dans la teinture ſans être moulu, toutes ces pierres briſées, tout le menu ou grabot, en terme de commerce, qui en réſulte, n'occaſionneroient ſans contredit aucune perte, & ſeroient ſans inconvénient, ſi le vaiſſeau qui contient l'Indigo renfermoit hermétiquement les parties contenues. Mais quels ſont les vaiſſeaux dans leſquels la plupart des Nations exportent cette marchandiſe ſi précieuſe hors de leurs Colonies? Des barriques ſemblables à celles de nos vins, mais qui ſont encore l'ouvrage brut & informe des Nègres, dont les douves mal aſſemblées par ces ouvriers peu induſtrieux, donnent mille iſſues à la pouſſiere qui ſe forme, & ſe renouvelle ſans ceſſe dans l'intérieur de la barrique; dont le parfait aſſemblage ne pourroit d'ailleurs ſubſiſter long-temps, quand elles ſeroient le mieux fabriquées, puiſque les fluides ſeuls ont la propriété de faire joindre hermétiquement les parties d'une barrique. Le peu de cohérence de ces parties entre elles, occaſionne donc une perte immenſe des objets contenus; mais il me ſera facile de démontrer que la forme ſeule de ce vaiſſeau eſt encore ſujette à deux grands inconvéniens.

1.° La forme ronde des barriques ne manque jamais de décider, tant aux Colonies que dans nos ports, les porte-faix ou manœuvres à rouler les futailles d'Indigo dans tous les trajets qu'ils ont à leur faire faire. On ne ſauroit croire combien ce mouvement de rotation, acheve d'atténuer les pierres déjà briſées, combien ces ſecouſſes en briſent même de nouvelles, & ſur-tout combien elles font tranſpirer de pouſſiere à travers les parois de la futaille. Or c'eſt ce qui n'arriveroit pas ſi l'Indigo étoit contenu dans des vaiſſeaux d'une autre forme.

2.° Je me ſuis convaincu, en parcourant tous nos ports, & en deſcendant dans des navires de toutes les grandeurs, que la

forme des barriques eſt la plus ingrate de toutes pour l'arrimage ; que les futailles ne manquent jamais de conſumer en pure perte un tiers du local qu'elles occupent, & qu'une même quantité de marchandiſe qui ſeroit contenue, par exemple dans des caiſſes quarrées, occuperoit un tiers moins d'eſpace dans les écoutilles. Si on fait attention que le premier bénéfice des Armateurs dépend du fret plus ou moins conſidérable de leurs navires, & qu'ils ne peuvent jamais aſſez contenir, ſurtout dans les retours, on conviendra ſans doute que tout ce qui nuit à l'arrimage, tire aux plus grandes conſéquences. Or, je le répete, toutes les perſonnes que j'ai conſultées à ce ſujet, Capitaines, Matelots, Arrimeurs, tous ſont convenus, avec moi, d'un commun accord, que de tous les objets qui entroient en cargaiſon, les futailles quelconques ſont ceux qui conſument le plus de place, quelques précautions qu'on prenne en les arrimant ; & les raiſons en ſont trop ſenſibles pour que nous cherchions plus long-temps à le prouver.

Si je propoſois, pour remédier à tous ces inconvéniens par un ſeul & unique procédé, d'imiter dans toutes les Colonies les habitans de Guatimala, qui n'envoient leurs indigos que dans des peaux de boucs, on ne manqueroit pas de m'objecter que toutes les parties du nouveau continent ne ſe prêteroient peut-être pas également à élever ces animaux ; que d'ailleurs il en faudroit une quantité immenſe, pour qu'elle fût proportionnée à celle des Indigos de toutes les Colonies ; enfin que les Indigos de Guatimala, étant les plus précieux & les plus chers qui exiſtent, des qualités fort inférieures ne mériteroient pas cette dépenſe. Mais ne ſeroit-il pas poſſible de trouver quelqu'autre moyen auſſi ſimple, moins diſpendieux, & qui ne coûteroit aux Indigotiers d'autre ſacrifice que celui de leurs préjugés & de leur habitude ? C'eſt ce que nous allons tâcher maintenant de démontrer.

On a vu par ce que nous avons dit au commencement de ce Mémoire, & que nous venons de rappeller, il y a quelques momens, ſur les dernieres manipulations de l'Indigoterie, que

la fécule, après avoir été retirée du Diablotin, & avoir paſſé par les ſacs, eſt une pâte docile, à laquelle on peut imprimer, ſans aucune peine, telle forme qu'on deſire. La méthode reçue dans toutes les Colonies, d'étendre alors la fécule ſur des caiſſes plates, pour la faire ſécher, & de la partager avec un couteau en pierres de la grandeur connue, lorſqu'elle eſt à l'état d'une demi-conſiſtence; cette méthode, dis-je, rend encore plus facile de donner à ces mêmes pierres telles nouvelle forme ou telle étendue qu'on ſouhaiteroit. Je voudrois donc, qu'au lieu de couper l'Indigo encore humide, en cubes d'un pouce ou un pouce & demi, on le coupât en quarrés de la même épaiſſeur, mais de ſix pouces de ſurface, ou en parallélipipèdes de ſix pouces de long, ſur quatre de large. J'oſe preſque défier qu'on objecte rien de ſolide contre cette innovation, puiſque je ne change rien à l'épaiſſeur de l'Indigo, la ſeule choſe qui pourroit nuire à ſon parfait deſſéchement. On ne pourroit pas m'objecter avec plus de raiſon, que ce changement alongeroit le travail des Nègres. On ſent, au contraire, combien le partage de tout l'Indigo contenu dans une caiſſe, ſeroit plus prompt & plus facile, puiſqu'une de ces nouvelles pierres en comprendroit cinq ou ſix des anciennes: mais l'avantage ineſtimable qui réſulteroit de cette réforme, ſeroit que l'Indigo réduit ſous des maſſes beaucoup plus fortes & plus maniables, pourroit s'arranger ſans peine avec toute la précaution poſſible, dans les vaiſſeaux qu'on deſtineroit à ſon tranſport. Il réſulteroit ſur-tout de cette innovation, qu'on pourroit abandonner pour jamais les futailles qui ſont ſujettes à une ſi grande foule d'inconvéniens, & qu'on pourroit y ſubſtituer des vaiſſeaux d'une forme toute différente.

Celle que je croirois devoir adopter, d'après toutes les informations & toutes les expériences que j'ai faites à ce ſujet, ſeroit des caiſſes quarrées de telle grandeur qu'on ſouhaiteroit, qu'on pourroit encore fabriquer avec le bois le plus léger & le moins cher, qui croîtroit dans chaque Colonie, mais qui ſeroient eſſentiellement aſſemblées en languettes & mortaiſes,

Je voudrois, de plus, qu'avant d'y dépoſer l'Indigo, elles fuſſent garnies d'un fort papier, ou ce qui ſeroit peut-être moins diſpendieux dans certaines Colonies, d'une natte quelconque. On voit que par toutes ces attentions, je préviens chacune des circonſtances qui ont contribué juſqu'à ce jour à fracaſſer les pierres d'Indigo; qu'en cas de fracture de quelques-unes, je ne laiſſe plus la moindre iſſue aux parties ſi évaporables de cette fécule; que ces mêmes procédés offrent un moyen d'exporter l'Indigo ſous le volume le plus favorable à la navigation : enfin, que tant d'avantages réunis, exigent au plus les mêmes peines & la même dépenſe que les futailles dont on s'eſt toujours ſervi.

S'il eſt quelques perſonnes auxquelles ces détails aient paru longs ou peu relevés, je les ſupplie d'obſerver que de tout tems l'Indigo a perdu environ douze pour cent ſur ſon poids, pendant le trajet des iſles dans nos ports; que dans le trajet de nos villes maritimes à celle où il doit être employé, il perd encore cinq à ſix pour cent; ce qui a donné naiſſance à la tare & au don qui s'accordent toujours par les vendeurs. Si, comme il eſt viſible, cette perte énorme n'a d'autre cauſe que la conformation vicieuſe des pierres d'Indigo, & encore plus celle des barriques, on conviendra, ſans doute, que cette matière méritoit quelqu'examen, & qu'elle étoit bien digne d'être ſoumiſe aux yeux d'une Compagnie également zélée pour le progrès des Arts & le bien du Commerce.

La derniere obſervation que j'adreſſerai à nos Colons, & que je leur adreſſerai encore au nom du Commerce & de tous les Conſommateurs, a pour objet la précipitation avec laquelle la plupart mettent l'Indigo en futaille, lorſqu'il ne fait que d'être fabriqué. C'eſt une des loix de l'Indigoterie de laiſſer encore l'Indigo reſſuyer quelque temps, lors même qu'il eſt partagé en pierres, que ces pierres ſont devenues bien ſolides, & qu'il donne à l'extérieur tous les indices d'un parfait deſſéchement. Il s'en faut bien, en effet, que l'Indigo ſoit alors privé de toute humidité ſuperflue. On ne l'a pas

plutôt mis à l'ombre & à l'écart, pour ce qu'on appelle le laiſſer reſſuyer, qu'il entre, pour ainſi dire, dans une nouvelle fermentation des plus ſurprenantes. Si on l'a déjà mis dans une barrique, l'intérieur de la barrique contracte le plus haut degré de chaleur. Chaque pierre paroît bouillir en particulier, diſtille de groſſes gouttes d'eau, & finit par ſe couvrir d'une eſpece de fleur blanche (1); mais on doit bien ſe garder de croire que cette fermentation intérieure ceſſe exactement avec les ſymptômes apparens. Ceux-ci ſe diſſipent en entier au bout de quelques jours; mais le mouvement intérieur des parties continue ſouvent pendant deux mois. Si l'impatience ou le beſoin de vendre détermine le propriétaire, comme il n'arrive que trop ſouvent, à fermer les futailles avant cet intervalle, la ſuppreſſion de l'air extérieur n'arrête point cette fermentation; il ſemble même qu'elle n'en acquiert que plus de force.

Ces Indigos continuant donc à fermenter pendant tout le temps de la traverſée, arrivent dans les ports ou dans nos atteliers avec tous les dehors de moiſi, & auſſi mouillés que s'ils euſſent fait avarie. On ſent, d'après cela, qu'il eſt d'abord impoſſible d'en conſtater le poids réel; mais la qualité elle-même en eſt totalement changée. Il ſemble dans cet accident, que la fécule ait tourné toute ſon énergie contre elle-même, & qu'elle ſoit entièrement décompoſée; & il eſt au moins certain qu'elle a perdu la plus grande partie de ſes principes colorans. Ayant reçu une fois de l'Indigo de cette nature, & voulant d'abord obſerver combien il y auroit de perte ſur ſon poids, j'en ai expoſé cent livres non pas au ſoleil, ou même

(1) Ce ſont des reſtes de cette fleur blanche qu'on trouve ſouvent au-dedans de l'Indigo, en caſſant les pierres, & qu'on nomme *évent* en terme de commerce. Je viens d'apprendre que M. Sage, de l'Académie des Sciences, avoit examiné cette eſpèce de moiſiſſure, qu'il l'attribuoit uniquement à la matiere extractive, dont une partie ſe décompoſe en attirant l'humidité; & que ſelon lui l'Indigo ne ſeroit point ſuſceptible de ce défaut, ſi on avoit ſoin de le bien luver dans les atteliers où on le prépare.

à l'air extérieur, mais ſeulement dans un endroit fermé & bien ſec. Au bout de vingt-quatre heures les cents livres étoient réduites à moins de quatre-vingt-dix, & elles ſont encore tombées enſuite de beaucoup. Quant à ſa qualité, les obſervations que j'ai faites lors de l'emploi m'ont démontré qu'elle ne valoit pas moitié du Saint-Domingue ordinaire.

Ces accidens ſi préjudiciables, ſur-tout au Conſommateur, devenant plus fréquens que jamais, ce ſeroit ſans doute le moment de faire revivre les anciennes Ordonnances qui ont été portées ſur cet objet; mais elles ne tarderont sûrement pas à être remiſes en vigueur, ainſi que toutes les autres Loix ſages, par le Miniſtre éclairé qui préſide à nos Colonies, & qui n'a jamais été plus occupé de leurs véritables intérêts. J'oſe même me flatter que toutes les innovations dont je crois avoir démontré plus haut les avantages, ſeront elles-mêmes appuyées par des Ordonnances nouvelles, ſi leur utilité eſt reconnue de l'Académie; & ce ſera, ſans doute, le fruit de ſon ſuffrage, ſi je ſuis aſſez heureux pour le remporter.

PROCÉDÉS

Par leſquels on applique l'Indigo à la teinture des principales ſubſtances.

LES VAISSEAUX dans leſquels on teint en bleu la ſoie écrue & non fabriquée, ſont de cuivre, & diſpoſés de maniere à ſoutenir continuellement l'action d'un feu modéré. Ces vaiſſeaux auxquels la plupart des Teinturiers donnent le nom de *cuves* (1), ont ordinairement quatre pieds de profondeur, ſur deux de largeur à leur partie ſupérieure; & un pied ou quinze pouces dans leur partie inférieure. Celle-ci, comme on voit, offre un diamètre moindre que la premiere, elle eſt de plus arrondie, & elle deſcend environ un pied & demi au-deſſous du ſol de l'attelier. Ces cuves ſont ordinairement adoſſées à quelque mur, & toujours entourées d'une maçonnerie de ſept à huit pouces. Au niveau du ſol de l'attelier, & à la partie qui fait face, on pratique une ouverture d'environ ſix pouces de large, ſur huit à neuf de haut. Cette ouverture ſert à introduire de la braiſe dans le vuide que l'on a ménagé entre les parois de la cuve & la maçonnerie; elle forme de plus un courant d'air avec une autre ouverture pratiquée en face, encore au niveau du ſol, & ſurmontée d'une eſpece de tuyau, dont l'ouverture ſort quelques pouces au-deſſus de la cuve.

On aſſied ces cuves en les rempliſſant d'eau commune, dans laquelle on jette d'abord trois ou quatre poignées de ſon bien

(1) J'ai étudié les procédés de la teinture en ſoie dans les villes de Tours, Nimes & Lyon; mais j'ai cru devoir m'en tenir aux termes d'art uſités dans cette derniere ville.

lavé, & battu dans les mains jusqu'à ce que l'eau en sorte claire. On fait bouillir ce son pendant un demi-quart-d'heure; après quoi, on met une livre de cendre gravelée, & une once de garence, sur une livre d'Indigo : on fait bouillir ensemble les deux premieres, l'espace d'un demi quart-d'heure, & lorsqu'elles ont jetté un gros bouillon, on retire le feu de dessous la cuve, pour les laisser reposer au moins une demi-heure.

Pendant ce temps, on pile l'Indigo le plus menu qu'il est possible dans un mortier. Lorsque le son, la cendre gravelée, & la garence sont bien reposés, on commence à puiser à la superficie du bain, autant qu'il est nécessaire, pour délayer l'Indigo, & on survuide sans cesse la partie la plus claire, jusqu'à ce que l'Indigo soit entièrement divisé.

On a soin, à chacune de ces opérations, d'agiter le plus complétement possible tout le mêlange, par le moyen d'une palette de bois adaptée à un manche, dont la longueur se régle sur la profondeur de la cuve, & qu'on nomme *rable*. Dans la plupart des teintures, on désigne l'usage du rable par les mots de *pallier* & de *palliemens*; mais dans la teinture en soie, & sur-tout à Lyon, on exprime cette opération par les mots de *brasser* & de *brassées*. Il est de la plus grande importance de bien brasser la cuve, chaque fois qu'on y introduit quelque nouvelle substance, ou même une nouvelle dose des mêmes substances. C'est presque cette opération seule qui décide le développement & la fermentation des substances combinées ensemble; & quoiqu'elle soit si simple en apparence, nous lui verrons jouer le plus grand rôle dans toutes les opérations que nous allons continuer à décrire.

Une cuve construite & établie selon tout ce qui a été dit ci-dessus, contient ordinairement douze à quinze livres d'Indigo, & par conséquent de la cendre gravelée ainsi que de la garence en proportion. Lorsqu'elle est parfaitement venue, ce que l'on reconnoît à une pellicule rougeâtre & cuivrée qui se

forme

forme deſſus, on lui donne ce qu'on appelle un *brevet*, avec environ deux livres de cendre gravelée & trois onces de garence : on lui en donne encore autant le lendemain, s'il eſt néceſſaire, quoique la cuve n'ait point travaillé. C'eſt ce qui ſe nomme *accompliſſage*, & qui acheve de faire pouſſer l'Indigo.

Lorſque la cuve eſt à ce point, & que la chaleur eſt tellement rallentie, qu'on y peut tenir la main ſans douleur, il ne lui manque rien pour teindre. On y plonge donc alors la ſoie qui doit avoir été cuite à raiſon de trente livres de ſavon pour cent, & enſuite bien dégorgée de ſon ſavon par deux battures, ou même plus dans une eau courante. Avant même de faire ſubir à la ſoie l'opération de la cuite, on doit avoir formé différens aſſemblages d'un même nombre d'écheveaux qu'on nomme *mateaux*. Lorſqu'on en vient à teindre la ſoie, on paſſe un de ces mateaux dans un petit cylindre de bois long d'environ un pied, dont l'ouvrier tient chaque extrémité, & ſur le milieu duquel porte le mateau. Lorſqu'on a fait paſſer ſucceſſivement chaque partie du mateau, une ou pluſieurs fois ſur le bain, on le tord à la main au-deſſus du même bain, & autant que les forces le permettent : on l'évente enſuite dans les mains pour le déverdir. Lorſqu'il paroît bien déverdi, on le jette dans de l'eau parfaitement nette, qu'on tient à portée ; après quoi, on le tord juſqu'à dix & douze fois ſur une eſpece de cheville arrêtée dans le mur, ou dans un poteau, qu'on nomme *eſpart*.

On peut teindre de cette ſorte trente livres de ſoie ſur une cuve, ſans y rien ajouter. Lorſqu'on a teint à-peu-près cette quantité, on compoſe un brevet d'une livre de cendre gravelée, une once de garence & une poignée de ſon bien lavé. Cette addition eſt indiſpenſable pour conſolider l'action de la cuve. Les parties colorantes de l'Indigo ſe trouvant auſſi épuiſées, lorſqu'on a teint une certaine quantité de ſoie, il devient également néceſſaire de rendre de l'Indigo à la cuve, & on lui en rend ordinairement à la quantité de cinq ou ſix livres ; mais il

faut toujours obſerver en même temps d'ajouter quantité proportionnée de cendre gravelée de garence & de ſon ; c'eſt ce qu'on appelle *enter la cuve.*

Je répéte qu'on doit faire cette opération auſſi-tôt qu'on a teint vingt-cinq ou trente livres de ſoie dans un bleu plein, quoique pluſieurs Teinturiers profitent de ce moment pour teindre les ſoies qu'ils veulent laiſſer d'un bleu clair ; mais cette manœuvre économique, à la vérité, eſt ſujette à de grands inconvéniens ; elle amene d'abord très-ſouvent la défaillance des cuves, dont nous parlerons plus bas ; d'ailleurs les ſoies qui ont été paſſées ſur ces cuves ne ſont jamais d'un bleu ni auſſi brillant, ni auſſi ſolide. Il vaut beaucoup mieux établir des cuves avec une moindre quantité d'Indigo pour cette eſpèce de nuance ; &, s'il en réſulte un peu plus de dépenſe par la multiplicité des cuves que cette pratique exige, l'Artiſte eſt bien dédommagé par la beauté & la ſolidité de ſon bleu.

La ſoie qu'on plonge ſans ceſſe dans la cuve lorſqu'on la fait travailler un certain temps y dépoſe inſenſiblement une graiſſe qui arrêteroit entièrement les opérations, ſi on n'avoit ſoin de l'en purger. Pour y parvenir, on remplit de ſon non lavé un petit ſac de toile : on ferme le ſac par une ficelle qu'on arrête au bord de la cuve, mais qu'on tient en même temps aſſez longue pour qu'il puiſſe deſcendre au fond ; enfin on obſerve de ne mettre le ſac qu'un demi-quart-d'heure après avoir braſſé la cuve. Il eſt remarquable qu'en moins de vingt-quatre heures le ſac dégraiſſe la cuve, & ne manque jamais alors de remonter à la ſuperficie. Lorſqu'on veut purger la cuve autant qu'il eſt poſſible, on a ſoin, après lui avoir donné un brevet & l'avoir braſſé, de faire griller au feu trois ou quatre tranches de pain : on les met toutes chaudes dans la cuve, & on réitère le procédé juſqu'à ce qu'elle ſoit parfaitement en état ; ce qu'on reconnoît lorſqu'en ſoufflant un peu ſur ſa ſuperficie elle verdit, ou lorſqu'elle eſt couverte de cette pellicule cuivrée ou rougeâtre dont j'ai parlé plus haut.

Les Indigos d'un prix moyen, comme le Saint-Domingue cuivré, ſuffiſent pour obtenir toutes les nuances de bleu qu'on deſire en teignant les ſoies. Les ſuperbes Indigos, comme le Guatimalo Flore, ou le Sobre ſaliente, peuvent auſſi s'employer pour le même objet; mais ils ne font pas un aſſez grand effet, & ils n'ajoutent pas aſſez à la beauté de la ſoie pour qu'on y applique des matieres auſſi chères; c'eſt ce qui fait qu'on s'en ſert peu dans toutes les teintures en ſoie.

Les fils & le coton filé ſe teignent en bleu par des procédés communs & exactement ſur le même bain. On teignoit autrefois les uns & les autres à chaud; mais la teinture à froid ayant offert des avantages conſidérables, elle eſt aujourd'hui preſque la ſeule en uſage.

La diſpoſition des cuves d'Indigo pour le fil ou le coton filé n'a en conſéquence aucun rapport à celles que nous venons de décrire, ni aux cuves des Teinturiers en laines, dont nous donnerons plus bas la deſcription. On ne pratique de fourneaux ni ſous les cuves, ni dans leur voiſinage. Les cuves ſont compoſées de *bizet*, eſpece de pierre à fuſil qu'on tire des ravines ou des rivieres, & dont on compoſe les murailles ou parois de la cuve: celles-ci doivent avoir au moins ſix pouces d'épaiſſeur, & tant en-dedans qu'en dehors un enduit fait avec le ciment le plus fin. La forme de ces cuves doit être un quarré de vingt pouces en tout ſens, ou un quarré long de vingt pouces ſur vingt-quatre. Leur profondeur eſt ordinairement de cinq pieds; elles ne doivent ſaillir hors de terre qu'à hauteur d'appui; & comme il eſt abſolument néceſſaire d'en avoir un certain nombre dans le même attelier, la commodité exige qu'on les range ſur une ou pluſieurs files paralleles.

Une cuve conſtruite comme celle que je viens de décrire, peut contenir quatre muids d'eau, & on peut y établir dix-huit à vingt livres d'Indigo; mais le premier procédé qu'on

doit obſerver avant d'établir la cuve, eſt de faire macérer l'Indigo pendant huit jours dans une eau forte qu'on compoſe exprès.

Pour faire cette eau, on met dans un cuvier percé, cinq à ſix livres de ſoude d'Alicante bien battue & broyée à-peu-près comme du ciment : on y ajoute environ trois livres de chaux vive, ſur leſquelles on verſe ſept à huit pots (1) d'eau commune : on laiſſe couler le tout dans un récipient, comme toutes les leſſives ordinaires : on reverſe juſqu'à trois ou quatre fois la leſſive qu'on a obtenue, ſur la cuve, pour lui donner plus de force, & on reconnoît qu'elle eſt au degré de force convenable, lorſqu'elle eſt graſſe au toucher, ou ce qui eſt encore un ſigne plus certain, lorſqu'elle porte un œuf.

On ſe ſert ordinairement du moulin même à Indigo, pour opérer cette macération ; lorſqu'elle a eu lieu pendant l'eſpace de temps que j'ai marqué plus haut, on commence à moudre l'Indigo dans la même eau ; on en introduit de nouvelle s'il eſt néceſſaire pour le délayer avec plus d'aiſance ; &, après avoir continué la mouture pendant environ deux heures, on ſoutire le tout par un robinet placé au niveau de la premiere meule.

Il eſt temps de remplir alors la cuve d'environ trois muids & demi d'eau. Celle de riviere eſt préférable. On y introduit enſuite vingt livres de chaux vive. Lorſque la premiere effervefſence de la chaux eſt paſſée, & qu'elle eſt bien éteinte, on pallie la cuve : on y ajoute alors trente-ſix livres de couperoſe d'Angleterre, leſquelles étant bien délayées & bien fondues, on verſe l'Indigo moulu, ayant en même temps le ſoin de le paſſer à travers un tamis. On pallie la cuve ſept ou huit fois cette même journée. Après un repos de trente-ſix heures, on peut teindre deſſus.

(1) Terme de meſure uſité à Rouen, où j'ai particulièrement ſuivis les procédés de la teinture en coton.

Une cuve qu'on vient d'établir n'eſt jamais celle qu'on emploie pour commencer du coton ou du fil entièrement écru. Le Teinturier doit eſſentiellement avoir un certain nombre de cuves établies chacune à des époques différentes, & par conſéquent qui ſe trouvent en tout temps à différens degrés. Cette attention indiſpenſable pour le ſuccès de la teinture, met de plus le propriétaire à portée de tirer beaucoup mieux tout l'Indigo de ſes cuves; & il en faut au moins dix pour former un attelier complet.

On commence donc par paſſer le coton ou le fil écru ſur la cuve la plus baſſe ou la plus épuiſée, & on continue enſuite, en allant de cuve en cuve juſqu'à la plus forte, à moins qu'on ait obtenu avant cette cuve la nuance à laquelle on veut teindre. Ce ſont ces premieres cuves qui donnent ce qu'on appelle *le pied*, & ce ſont les dernières qui finiſſent.

Lorſqu'on a teint ſix fois ſur une cuve neuve, cette cuve ne fait plus le bleu aſſez foncé, & pour lors, de cuve neuve qu'elle s'appelloit, elle paſſe dans la ſeconde claſſe qu'on nomme *cuve à corcer*. Lorſqu'elle a ſervi encore ſix fois dans cette ſeconde claſſe, on la nomme *troiſième cuve*, puis *quatrième*, *cinquième*, juſqu'à ce que le laps de temps & la réitération des travaux en faſſe la dixième. Il réſulte delà qu'une cuve ſert environ ſoixante fois, ſix fois en qualité de neuve, ſix fois en qualité de cuve à corcer, ſix fois en qualité de troiſième, & ainſi de ſuite juſqu'à la dixième.

La quantité qu'on peut teindre avec le plus de ſuccès ſur une cuve établie de la manière ci-deſſus, eſt de trente livres de coton, & chaque pente ou poignée doit être au plus de vingt onces, ſans quoi on auroit de la peine à la tordre en une fois. Il faut que le fil ou le coton ſoit mouillé, avant d'entrer dans la premiere cuve où on commence à lui donner ſon pied; mais on ne doit pas le laiſſer dans le bain plus de cinq à ſix minutes, attendu que le coton ſur-tout prend dans cet eſpace tout le bleu dont il peut ſe charger, & ne gagneroit preſque rien à

reſter plongé plus long-temps. Lorſque la teinture paroît bien priſe, il faut tordre chaque pente. L'économie exige que, pour ne point perdre de bain, on torde au-deſſus de la cuve, ſoit que cette opération ſe faſſe à la main, ſoit qu'elle ſe faſſe par le moyen d'une cheville qu'on place alors à vingt ou vingt-deux pouces au-deſſus de la cuve.

Comme on commence toujours le coton ou le fil écru par une cuve baſſe, & preſqu'épuiſée, on peut y deſcendre en même temps, & ſans inconvénient toute la quantité de coton, & toutes les pentes qu'on veut teindre en une fois. Il n'en eſt pas de même lorſqu'on en vient à des cuves plus garnies ; il faut diminuer le nombre des pentes en raiſon de leur force ; & lorſqu'on en vient enfin à la cuve neuve ou à la cuve à corcer, il ne faut plus y deſcendre qu'une pente à-la-fois. Cette pratique eſt fondée ſur ce que le fil ou le coton paſſant d'abord ſur une cuve preſqu'épuiſée, ces ſubſtances y prennent leur premiere nuance d'une maniere bien moins prompte & bien moins rapide ; mais lorſqu'on vient à travailler ſur des cuves plus garnies, & enfin ſur des cuves tout-à-fait neuves, le coton ſe chargeant des parties colorantes de la maniere la plus ſubtile, il y auroit une inégalité conſidérable entre la pente qui auroit été tordue la premiere, & celle qui ſeroit ſortie, par exemple, la dixième ou la derniere de la cuve. Or cet inſtant eſt préciſément celui où on doit viſer à réparer tous les défauts, loin de s'expoſer à en faire de nouveaux : c'eſt en même temps celui où il devient ſur-tout impoſſible de réparer l'inégalité, & on ſent que le temps néceſſaire pour tordre une vingtaine de pentes l'une après l'autre, eſt beaucoup plus que ſuffiſant pour rendre preſque chaque pente de nuance inégale.

Lorſqu'on vient de teindre ſur une cuve, il faut la pallier & ne plus travailler deſſus qu'on ne l'ait laiſſé repoſer au moins vingt-quatre heures. Il faut cependant un peu moins de repos à une cuve qui commence à devenir baſſe. L'Indigo y étant alors en bien moindre quantité, il ſoutient beaucoup moins les autres drogues, & on peut teindre ſur une baſſe cuve, même au bout

de dix-huit heures. On reconnoît d'ailleurs aiſément ſi une cuve n'eſt point aſſez repoſée, parce que le coton ne manque point dans ce cas d'amener de la boue jaune, lorſqu'on le tourne.

Lorſqu'une cuve a teint trois ou quatre fois, elle commence à s'altérer. On reconnoît cette altération, en ce que lorſqu'on la pallie, on n'apperçoit plus de veines à ſa ſuperficie ou qu'elle noircit. Ces ſignes ont conſtamment lieu, ſurtout lorſque la cuve eſt neuve, & il ſeroit alors impoſſible d'en tirer aucun parti, ſi on ne procédoit promptement à ce qu'on appelle *réchauffer* ou *renourrir*. Cette réparation conſiſte dans quatre livres de couperoſe verte & deux livres de chaux vive, qu'on rend à la cuve en la palliant deux fois. Lorſque la même cuve a travaillé encore trois ou quatre fois, on la renourrit de nouveau avec moitié de drogues ci-deſſus : enfin on peut réchauffer ou renourrir une cuve juſqu'à quatre fois, en diminuant la doſe à proportion qu'elle décheoit en force & en qualité. Dans le cas où on viendroit à la nourrir trop fort, on s'en apperçoit aiſément, parce qu'alors la cuve jaunit à l'excès, & qu'en même-temps les mains des Teinturiers ſe rempliſſent de crevaſſes.

C'eſt encore l'Indigo cuivré de Saint-Domingue, mais choiſi dans les qualités les plus fines, qu'on emploie pour teindre le fil & le coton. La pâte de cet Indigo étant un peu plus peſante & un peu plus foncée, elle fait beaucoup plus d'effet ſur ces ſubſtances. Pour les Indigos Eſpagnols, & ſurtout l'Indigo Flore, ils ſont trop légers, ils ſont preſque toujours des bleux clairs, & ils ne donnent jamais de bleux foncés qu'en prodiguant la matière; conſidération qui, jointe à celle de leur prix exceſſif, doit déterminer les Teinturiers de fil & de coton à les employer le moins qui leur eſt poſſible.

Les vaisseaux dans leſquels on teint à l'Indigo les laines & toutes les étoffes en laine, portent auſſi le nom de *cuves*.

Mais, avant de détailler la maniere dont elles ſe compoſent,

il eſt eſſentiel de remarquer la différence que les Teinturiers en laine mettent entre une chaudiere & une cuve.

La première, deſtinée à recevoir l'action du feu le plus violent, eſt un vaiſſeau de cuivre portant ordinairement ſix à huit pieds de diamètre, ſur huit ou dix de profondeur, entouré d'une maçonnerie ſolide & appuyé ſur un fourneau capable de contenir une quantité de bois conſidérable.

Les cuves de teinture, ne devant point être ſoumiſe à l'action du feu, ſont compoſée de douves, entourées de grands cercles de fer, ont environ ſept pieds de profondeur, ſur cinq de diamètre, & ne ſortent de terre qu'à hauteur d'appui.

Pour toutes les couleurs, excepté celle où l'Indigo domine, c'eſt dans la chaudière que ſe font toutes les préparations de la teinture : on y plonge enſuite les laines ou les draps ; & ſi ces deux objets ſubiſſent différens procédes, c'eſt toujours en repaſſant par la chaudière.

Il n'en eſt pas de même de la teinture de l'Indigo. La chaudière ne ſert qu'à échauffer cette drogue, ainſi que toutes les autres avec leſquelles on la mêle : on les tranſvaſe enſuite dans la cuve, & c'eſt dans celle-ci que ſe fait le mêlange de toutes les drogues, ainſi que le reſte des opérations.

Pour établir une cuve de ſept pieds de profondeur ſur cinq de diamètre, on jette dans le fond, à ſec, deux balles de paſtel peſant enſemble quatre cens livres, qu'on a ſoin de diviſer avant.

On fait bouillir dans une chaudière, pendant trois heures, une quantité d'eau ſuffiſante pour remplir cette cuve, avec trente livres de vaude.

Cette infuſion faite, on y ajoute vingt livres de garence, & une corbeillée de ſon : on laiſſe encore bouillir pendant une demi-heure : on raffraîchit enſuite avec vingt ſceaux d'eau fraîche, on laiſſe raſſeoir le bain, on retire la vaude, on tranſvaſe

tranſvaſe ce bain dans la cuve; enfin on fait pallier, c'eſt-à-dire remuer le paſtel avec des rables, par deux ou trois hommes, pendant tout le temps de la tranſvaſion, & même encore un quart-d'heure de plus.

Toutes ces opérations faites, on couvre bien chaudement la cuve: on la laiſſe ſix heures dans cet état, après quoi on la découvre & on la pallie; c'eſt-à-dire qu'on fait mouvoir le paſtel dans toute l'étendue du bain, pendant une demi-heure, & on en fait autant de trois heures en trois heures.

Tant que le paſtel n'eſt ni humecté ni diviſé, & qu'il reſte ſous une forme ſolide, le bain auquel toutes les autres matieres n'ont donné qu'une couleur d'un gris ſale & peu caractériſé, conſerve toujours cette même couleur, & ne préſente aucune apparence de bleu. Bientôt cependant les palliemens réitérés commençant à diviſer exactement le paſtel, & à le pénétrer d'eau, la cuve commence à entrer en travail Le premier effet qu'elle produit eſt de dégager des vapeurs âcres & légérement irritantes. A meſure que le paſtel ſe met en bouillie, ſon action augmente, & la cuve dégage des vapeurs plus fortes: elle perd ſa couleur terne, devient verte, & finit par ſe couvrir de veines bleues. C'eſt à l'enſemble de tous ces caracteres, & ſur-tout au dernier, qu'on reconnoît que la cuve eſt venue. Pour s'en aſſurer davantage, on agite avec le rable, par pluſieurs fois, le paſtel qui eſt au fond de la cuve, & on finit par le plonger bruſquement dans le bain. La cuve porte alors une fleurée, c'eſt-à-dire, une écume bleue, au lieu d'une blanche, & elle ſeroit en état de teindre d'un bleu-clair.

Le procédé qui ſuit immédiatement la venue de la cuve, eſt de lui donner ce qu'on appelle *ſon pied*, c'eſt-à-dire environ huit à neuf livres de chaux vive. Dès que cette nouvelle ſubſtance eſt introduite, on apperçoit à l'inſtant des caracteres nouveaux & frappans. La couleur de la cuve devient d'un bleu plus noir & plus foncé, ſes exhalaiſons deviennent beaucoup plus âcres; &, lorſqu'on veut approcher le nez de la partie du

rable qui a manœuvré au fond de la cuve, on ſent l'odeur la plus irritante. La chaux agit avec tant de promptitude ſur le paſtel ou la totalité du bain, que j'ai vu conſtamment la couleur changer & devenir beaucoup plus foncée aux endroits même où on venoit de la jetter.

C'eſt immédiatement après avoir mis la quantité ſuffiſante de chaux, ou même en même-temps qu'on introduit l'Indigo dans la cuve. Pour le rendre propre à garnir les cuves, on commence par le broyer dans le moulin, mais avec la moindre quantité d'eau poſſible; lorſqu'il eſt délayé en forme d'une bouillie épaiſſe; on le ſoutire par le moyen du robinet placé à la partie inférieure du moulin, & on le jette ſans autre préparation dans la cuve. La quantité d'Indigo qu'il faut mettre dans une cuve, n'eſt déterminée que par la nuance à laquelle on veut amener le drap ou la laine; & ſur une cuve compoſée dans les proportions que nous avons énoncées ci-deſſus, on peut employer, ſans inconvéniens, depuis dix juſqu'à trente livres d'Indigo.

Lorſqu'on a mis l'Indigo dans la cuve, on ne reconnoît aucun changement pour l'odeur ou la fermentation; mais ſa couleur devient toute différente. Le paſtel, lorſqu'il étoit ſeul, offroit une couleur grisâtre, avec quelques veines d'un bleu léger. Lorſque l'Indigo eſt introduit dans la cuve, la couleur devient d'un beau verd olive, ſemé de veines bleues, qui ont le caractere le plus décidé : enfin, lorſqu'on agite le fond de la cuve avec le rable, & qu'enſuite on le précipite bruſquement au fond de la cuve, comme on a vu plus haut, on obtient une fleurée du bleu le plus vif & le plus riche. C'eſt-là ce qui acheve de prouver que la cuve eſt en état; il ne s'agit plus pour teindre que de la pallier deux fois dans l'eſpace de ſix heures, afin de mêlanger parfaitement les matieres; il eſt quelquefois néceſſaire de rendre auſſi un peu de chaux, pour conſolider la fermentation.

Lorſqu'une cuve d'Indigo eſt une fois établie, on traite cette

préparation bien différemment de toutes celles qui ſervent aux autres couleurs. Nous avons déjà dit plus haut, que preſque toutes ſe faiſoient dans la chaudiere, & le bain étant pouſſé à grand feu, par le fourneau ſur lequel poſe la chaudiere. Ces différens bains qui ſe compoſent chaque fois qu'on veut teindre, ſe jettent auſſi hors de la chaudiere, auſſi-tôt qu'on a fini les opérations de la teinture; ou s'il y en a quelques-uns dont on conſerve le réſidu, c'eſt toujours en vuidant la chaudiere, & en les laiſſant refroidir dans d'autres vaſes qui ne ſont employés qu'à cet uſage.

Il n'en eſt pas de même des cuves d'Indigo. Comme le bain qu'on a commencé par jetter ſur le paſtel, avoit été échauffé à un très-grand feu dans la chaudiere, & étoit à l'état d'eau bouillante, on a ſoin de ne laiſſer la cuve expoſée à l'air libre, que le temps néceſſaire pour la pallier. Auſſi-tôt que cette opération eſt finie, on ferme ſon ouverture le plus exactement poſſible, avec un grand couvercle de bois, ſur lequel on étend encore d'épaiſſes couvertures, & on réunit tous les moyens connus pour maintenir la chaleur des fluides ſans l'intermède du feu.

Mais en obſervant même toutes ces précautions, & d'autres ſemblables, on ſeroit bien éloigné de conſerver aux cuves leur chaleur pendant huit, dix jours, & quelquefois plus, ſi on les établiſſoit dans le même emplacement que les chaudieres, c'eſt-à-dire dans le grand attelier de la teinture. Les chaudieres étant toujours placées ſur des fourneaux qu'on pouſſe à grand feu, la chaleur violente qui s'excite & les vapeurs prodigieuſes qui s'élevent des chaudieres mêmes, obligent à ne faire toutes ces manipulations que dans des atteliers très-vaſtes, qui ſont des eſpèces de hangards, & dont le toit eſt pratiqué de maniere que l'air ſe renouvelle ſans ceſſe par de grandes ouvertures qui ne ferment jamais. Si les cuves étoient expoſées dans de pareils emplacemens, il ſeroit impoſſible pendant les rigueurs de l'hiver, & même dans toute autre ſaiſon, de leur conſerver auſſi long-temps la chaleur qu'elles ont une

fois reçue dans la chaudiere; l'eſpèce de couvercle & les couvertures avec leſquelles on a ſoin de les couvrir, ne les défendroient que bien foiblement de l'impreſſion de l'air extérieur qui les frapperoit ſans ceſſe, & il faudroit probablement ou réchauffer tous les jours, ou renoncer à la chaleur qui eſt indiſpenſable pour les opérations. Pour éviter tous ces inconvéniens, on établit les cuves dans un emplacement très-peu ſpacieux, élevé au plus de huit à neuf pieds, plafonné, n'ayant, s'il eſt poſſible, qu'une ou deux fenêtres, encore de la plus petite proportion; enfin on obſerve toutes les loix de la conſtruction qui peuvent diminuer la circulation de l'air, & conſerver la chaleur. Les emplacemens ainſi conſtruits, ſe nomment *Gueſdres*.

Comme cependant on a beſoin de faire communiquer ſans ceſſe les cuves & les chaudieres, on a ſoin d'établir le Gueſdre immédiatement à côté du grand attelier de la teinture. On pratique dans le mur de ſéparation une ouverture ſuffiſante pour donner paſſage à une longue rigolle de bois, dont l'une des extrémités porte ſur le bord de la chaudiere, & l'autre ſur celui de la cuve. Les bords de la cuve étant toujours établis au même niveau que ceux de la chaudiere, lorſqu'on veut tranſvaſer le bain de l'une dans l'autre, il ne s'agit plus que de procurer de la pente en mettant un taſſeau de bois, ou un tampon d'étoffe ſous l'une des deux extrémités, & de puiſer enſuite, ſoit dans la cuve, ſoit dans la chaudiere, avec une eſpèce d'écoppe qu'on nomme *jet*, & dont le manche eſt aſſez long pour que deux ouvriers puiſſent le faire manœuvrer enſemble.

Quoique la diſpoſition du Gueſdre favoriſe, autant qu'il eſt poſſible, le maintien de la chaleur, cette précaution & toutes les autres ne peuvent la conſerver qu'un certain eſpace de temps; au bout de huit ou dix jours, elle diminue ſenſiblement, & elle ſe diſſiperoit bien-tôt en entier, ſi on ne procédoit à l'opération qu'on appelle *réchauffer*.

Elle conſiſte à tranſvaſer la plus grande partie du bain, de

la cuve dans la chaudiere, ſous laquelle ou allume un très-grand feu. Lorſque le bain a été pénétré d'une chaleur ſuffiſante, on le fait repaſſer dans la cuve de la même maniere; & lorſque la cuve eſt ce qu'on appelle *réchauffée*, on la couvre avec ſoin de la maniere indiquée ci-deſſus.

Pendant un an, & quelquefois dix-huit mois qu'on renouvelle ſans ceſſe ce procédé, les deux ſeuls ingrédiens qu'on remet ſans ceſſe dans la cuve, ſont la chaux & l'Indigo. On rend de la chaux tous les deux ou trois jours. On remet auſſi chaque fois qu'on veut teindre, une certaine quantité d'Indigo, pour réparer celui qui a été abſorbé par les étoffes précédentes; mais l'addition de ces ſubſtances n'empêche pas que la plupart des parties conſtituantes de la cuve ne ſubſiſtent & ne conſervent leur action pendant plus d'un an ſans être renouvellées.

J'ai décrit l'opération du réchaux immédiatement après avoir détaillé la maniere dont on établit les cuves, parce qu'elles ſont également en état de teindre, ſoit après le réchaux, ſoit lorſqu'elles viennent d'être établies, & qu'elles ſont dans leur plus grande nouveauté.

Il faut toujours pallier la cuve environ deux heures avant de teindre, & tâcher par-là d'y répartir le plus qu'il eſt poſſible toutes les parties colorantes; mais les palliemens, quelques fréquens qu'on les faſſe, ne ſauroient tenir les drogues dans un état de diviſion aſſez parfait, pour qu'il n'en reſte pas une bonne partie au fond de la cuve, ſous la forme de bouillie épaiſſe, & même de pâte. Le contact de ces parties feroit le plus grand tort aux laines ou aux étoffes, ſi elles venoient à y être engagées. Pour éviter donc qu'elles n'aient contact avec le fond de la cuve, qu'on appelle *la pâtée*, avant de les y plonger, on introduit ce qu'on appelle une *champagne*. Elle conſiſte dans une eſpèce de treilli formé avec des groſſes cordes, & arrêté à un cercle de bois, quelquefois de fer, portant la même diamètre que la cuve. On deſcend la champagne de trois

à quatre pieds dans la cuve, par le moyen de quatre cordes; &, quand elle eſt deſcendue à cette profondeur, on l'arrête aux bords de la cuve par quatre crochets. Par ce moyen, les laines ou les draps qu'on plonge enſuite, & qu'on abandonne dans la cuve, ne ſauroient deſcendre juſqu'au fond, & ſe trouvent ſuſpendus à une hauteur où rien ne ſauroit leur nuire.

Lorſque la cuve eſt en état ſur tous les points, & que la champagne eſt bien établie, on peut commencer à teindre les laines qu'on doit avoir ſoin de mouiller auparavant dans une eau de ſon; mais la teinture des laines exige de plus une précaution particuliere. Si on les abandonnoit dans la cuve, en même-temps qu'on les y plonge, bientôt pénétrées par l'humidité, elles tomberoient au fond, ou elles ſe confondroient avec la pâtée, malgré la champagne même, & il ſeroit impoſſible de les manœuvrer. Pour pouvoir les tenir raſſemblées, & à la portée des ouvriers, on ne ſe contente donc point de placer la champagne à l'ordinaire : on établit au-deſſus un filet à mailles très-ſerrées, ayant par le haut une évaſion de la même grandeur que celle de la cuve, & appuyé de toutes parts ſur les bords : on jette alors, ſans autre précaution, la laine dans le filet : on la remue en tous ſens avec de longs bâtons, pour lui faire prendre la teinture le plus également poſſible. Lorſqu'elle eſt à la nuance qu'on deſire, on leve le filet.

Lorſque ce ſont des draps ou autres étoffes qui ſont l'objet du travail, on établit ſeulement la champagne : on plonge enſuite les draps dans la cuve, après quoi on les fait tourner ſans ceſſe ſur eux-mêmes, par le moyen de deux petits crochets que l'ouvrier tient dans ſes deux mains, & avec leſquels tantôt il retire l'étoffe à lui, tantôt il l'enfonce; ou, ſelon le terme de l'art, il fonce les plis qui ſe trouvent à flots; c'eſt ce qui s'appelle mener en cuve. On conduit ainſi l'étoffe cinq ou ſix fois ſur elle-même, & ſouvent plus, ſelon la nuance plus ou moins foncée qu'on veut obtenir; ce qui s'appelle donner un, deux, trois bouts, &c.

Toutes les ſubſtances qu'on paſſe ſur les différentes cuves dont nous avons déjà parlé, ſortent vertes du bain, & ne paroiſſent bleues qu'après quelques momens; mais c'eſt ſur-tout à l'égard des laines & des draps, que ce phénomene a lieu de la maniere la plus remarquable. Les laines & toutes les étoffes en laine, ne préſentent abſolument aucune apparence de bleu, lorſqu'on les retire de la cuve, & ſont du verd le mieux caractériſé. Ce n'eſt qu'au bout de pluſieurs minutes, & par le contact de l'air libre, que tous ces objets commencent à ſe déverdir, & c'eſt pour accélérer ce changement, qu'on évente fortement; c'eſt-à-dire, qu'on agite pendant près d'un quart-d'heure les laines & les draps ſur le pavé de la teinture.

Quoqu'en retirant les draps & les laines de la cuve, on exprime, en les tordant avec un moulinet au-deſſus du bain, tout le fluide ſuperflu dont ils ſont chargés, il s'en faut bien qu'un ſeul lavage en eau courante ſuffiſe pour qu'on puiſſe en continuer les apprêts, comme dans les autres couleurs. Si on ſe contentoit de ce procédé, l'étoffe une fois fabriquée & répandue dans le commerce, déchargeroit ſans ceſſe les parties colorantes qui ſont reſtées en trop grande abondance à ſa ſuperficie: elle coloreroit juſqu'à ce qu'elle fût uſée, tous les meubles & toutes les autres étoffes avec leſquelles elle ſeroit en contact; en un mot, elle ſeroit ſujette à tant d'inconvéniens, que perſonne n'en pourroit ſoutenir l'uſage.

On obſerve donc toujours, avant de filer les laines qui ont été teintes à l'Indigo, de les battre avec de grands rateaux dans des paniers ſuſpendus au milieu d'une eau courante, & la plus fraîche poſſible. L'eau qui a filtré à travers ces paniers, & qui continue enſuite ſon cours, eſt ſi chargée d'Indigo, qu'elle change en entier la couleur de la riviere ou du ruiſſeau ſur lequel on fait cette opération, qui ſe nomme *repaumage*.

On obſerve de même, après avoir teint les draps en bleu, de les faire battre en terre pendant trente & quelquefois quarante heures dans les fouleries. L'eau, qui ſort des renflures

pendant les quinze ou vingt premières heures, eſt tout auſſi chargée de particules bleues, que celle qui ſort au repaumage des laines, & elle préſente exactement la même apparence que les cuves. Les draps noirs recevant un pied de bleu très-foncé, avant de paſſer à l'engallage, on les envoie auſſi en foulerie, lorſqu'ils ſont achevés, pour y battre en terre le même eſpace de temps que les draps bleus. L'eau qui ſort des renflures eſt d'un noir bien caractériſé; mais je me ſuis convaincu, par pluſieurs expériences, que c'étoit l'Indigo qui dépoſoit encore dans cette occaſion, bien plus que l'engallage. L'opération, que je viens de détailler à l'égard des draps noirs, eſt ce qu'on appelle *le lavage en terre.*

On emploie dans la teinture en laine toutes les différentes qualités d'Indigo ſans exception, & même toutes peuvent être employées ſans grand inconvénient aux mêmes nuances ou aux mêmes objets. L'économie preſcrit cependant de n'employer que des Indigos de Saint-Domingue, dans la teinture de toutes les étoffes deſtinées à être enſuite teintes en noir, & auxquelles le bleu ſert uniquement de pied. J'ai obſervé que ces Indigos étoient encore non-ſeulement plus économiques, mais même beaucoup plus propres à la teinture des bleus foncés, ſoit en laine, ſoit en drap, & qui doivent reſter dans cette couleur. Quant aux beaux Indigos qui nous viennent de l'Eſpagne, & qui ſont connus ſous le nom général d'*Indigo Guatimalo*, ils ſont ſans contredit les ſeuls qui aient pu procurer juſqu'à préſent ces bleus ſi vifs, & qui excitent l'admiration. Ils ſont les ſeuls qu'on ait coutume d'employer lorſqu'on veut faire des bleus en même-temps vifs & clairs; & ſi leur prix eſt preſque le double de celui des Indigos de Saint-Domingue, il eſt remarquable que ce bel Indigo, mis à partie égale dans la cuve, rapporte beaucoup plus.

ACCIDENS

Qu'éprouvent les Cuves ; & Expériences faites pour y remédier.

Si on examine comparément la maniere de préparer l'Indigo pour la teinture des ſoies, des cotons & des laines, on remarque également dans ces trois différentes opérations, qu'on ne jette point le réſidu des cuves auſſi-tôt qu'on vient de teindre, comme cela ſe pratique dans preſque toutes les autres couleurs; qu'on conſerve, au contraire avec ſoin, le fond de la cuve, & qu'on ne fait, pendant un certain eſpace de temps, que réparer le vuide produit par l'Introduction des ſoies, des cotons, &c. Cette particularité eſt fondée ſur un caractère qui diſtingue l'Indigo lui-même de toutes les autres ſubſtances employées dans la teinture; c'eſt-à-dire, ſur ce que lui ſeul eſt ſuſceptible de fermentation, & même de ſe développer d'autant mieux, que cette fermentation eſt plus ſoutenue. C'eſt ſans doute cette propriété qui a obligé, dans chaque genre de teinture, à traiter cette drogue par des vaiſſeaux & des procédés particuliers; c'eſt probablement auſſi à ces mêmes caracteres qu'on doit attribuer les différens accidens qu'on éprouve dans ſon emploi, & dont le détail fera le ſujet de cette troiſieme Partie.

Les cuves des Teinturiers en ſoie tombent quelquefois, comme nous l'avons dit plus haut, dans une eſpèce de défaillance; mais il n'eſt pas difficile de réparer ce vice qui ne provient ordinairement que de ce que la cuve a été ou négligée ou trop fatiguée. Pour la faire revivre, on compoſe un brevet bouilli avec du ſon lavé: on y ajoute une demi-once

de ſublimé corroſif, une once de ſucre candi, quatre onces de cendre gravelée, & une once de garence. On emploie, de plus, tous les procédés énoncés à l'article de la teinture en ſoie, pour dégraiſſer, & on braſſe avec ſoin la cuve lorſque le mêlange eſt fait. Au bout de quelques heures, on voit la cuve donner tous les ſymptômes d'un état parfait, tels que la fleurée, les veines bleues & un beau verd, lorſque l'on ſouffle ſur la ſuperficie du bain.

Les cuves des Teinturiers en fil & coton manquent quelquefois de produire leurs effets ordinaires, & paroiſſent tournées; mais c'eſt plutôt parce qu'elles n'ont pas été bien établies d'abord, que par ce qu'on peut appeller accident. L'ignorance faiſoit autrefois attribuer leur mauvais ſuccès à d'autres cauſes, comme à l'odeur qu'exhalent certaines perſonnes, à la mauvaiſe haleine, & autres choſes ſemblables; mais l'expérience a démontré l'abſurdité de ces conjectures, & on n'attribue plus leur mauvais ſuccès qu'aux mauvaiſes manœuvres qui ont dû précéder.

Les accidens qu'on éprouve dans la teinture en laine, ſont bien plus graves, bien plus fréquens, & tiennent à des cauſes infiniment plus compliquées; auſſi ce ſeront les expériences que j'ai faites à ce ſujet, qui occuperont le reſte de cet Ouvrage. J'eſpère qu'on me pardonnera les longs détails qu'elles pourront entraîner ſi elles indiquent les cauſes & le remède d'accidens qui déſeſperent depuis tant d'années les Artiſtes.

Quoiqu'une cuve ait été établie avec toute la précaution poſſible, qu'elle ſoit parfaitement venue, & qu'elle ait déjà donné les plus belles nuances de bleu, il arrive ſouvent que le Gueſdron, en découvrant cette même cuve, la trouve noire, ſans aucune apparence de veines bleues, ſans fleurée. S'il la pallie pour en découvrir le pied, au lieu de voir le bain prendre la couleur d'un jaune doré, & les veines ſerpenter à la ſuperficie, il n'apperçoit toujours qu'une couleur d'un noir de plus en plus foncé; il ne peut obtenir de fleurée, quoiqu'il heurte

à coup redoublés, & l'odeur du bain, au lieu de tirer ſur le doux comme lorſque la cuve eſt en bon état, affecte au contraire l'odorat de la maniere la plus piquante & la plus âcre. Si on eſſaie de teindre ſur une cuve qui offre tous ces caractères, l'étoffe ou reſte entièrement blanche, & ne prend aucune couleur, ou ſort d'un gris ſale, terreux & mal uni. Les Teinturiers donnent à ces ſortes de cuves le nom de *cuves roides* ou *rebutées*.

Mais l'accident qui les alarme encore plus, & qui juſqu'à ce ce jour a fait le déſeſpoir dès meilleurs Artiſtes, eſt celui dans lequel la cuve la plus vigoureuſe change tout-à-coup de face, & pour ainſi dire de nature, paſſe du bleu le plus vif à la couleur de leſſive, exhale l'odeur la plus fœtide, & ne fait que devenir de plus en plus infecte à meſure qu'on la pallie. Si on riſque de plonger quelqu'étoffe dans une cuve exactement réduite à cet état, elle ne prend aucune eſpèce de nuance, & elle ſort exactement telle que ſi on l'eût plongée dans de l'eau pure. Il ne faut pas s'étonner ſi d'après des ſymptômes auſſi effrayans, & ſur-tout d'après l'odeur terrible que ces ſortes de cuves exhalent, les Teinturiers ſe ſont déſeſpérés toutes les fois qu'ils ont éprouvé cet accident, & s'il ont regardé comme impoſſible d'en tirer aucun parti. M. Hellot lui-même, dans ſon Art de la teinture, paroît avoir regardé ces cuves comme perdues ſans reſſources, & il dit que, vu leurs exalaiſons fœtidiſſimes, on doit ſe hâter de les jetter à la riviere.

Quoique la déciſion d'un Savant auſſi reſpectable, & le cri commun de tous les Artiſtes, m'ôtaſſent preſque toute eſpérance de remédier à ces cruels accidens, j'ai cru devoir au moins tenter d'en découvrir les cauſes; mais la difficulté de faire les expériences elles-mêmes, étoit preſque égale. Les expériences en grand qui applaniſſent tous les autres travaux, & qu'on ſe trouve heureux d'avoir à ſa portée, ne faiſoient ici que rendre tout plus épineux, & étoient même impraticables. Le volume prodigieux des grandes cuves, laquantité de drogues de même genre qu'il faudroit y introduire, pour y produire révolution,

enfin la perte énorme qui réſulteroit en ſacrifiant de propos délibéré de grandes cuves garnies d'Indigo, toutes ces différentes conſidérations rendent comme impoſſible de faire des expériences ſur de grandes cuves, & M. Hellot paroît auſſi l'avoir reconnu, puiſqu'il s'eſt donné les plus grandes peines pour faire venir une cuve en diminutif; mais ſes travaux à cet égard, n'étoient encore rien moins qu'encourageans. Ce Savant, après une multitude de tentatives inutiles, n'a pu réuſſir à faire venir une cuve de la grandeur d'un tonneau, qu'en l'introduiſant elle même dans une grande chaudiere de cuivre remplie d'eau, qu'il entretenoit toujours à demi-bouillante. On ſe doute bien que l'inégalité de la chaleur, la dépenſe, & les autres inconvéniens ſans nombre de cet appareil, n'ont pas tardé à y faire renoncer M. Hellot, qui a effectivement jetté cette cuve au bout de trois ou quatre jours.

Quoique tous les Teinturiers me confirmaſſent comme impoſſible de faire venir une cuve d'un ſi petit volume, ſans s'écarter des procédés ordinaires, & m'en portaſſent preſque le défi, je crus appercevoir que M. Hellot, au milieu de toutes ſes tentatives, avoit manqué le point eſſentiel à obſerver, ſavoir le nombre d'heures & le degré précis de chaleur auquel les grandes cuves ne manquent preſque jamais de porter bleu. Ayant reconnu par des obſervations ſuivies dans différentes ſaiſons, & par les thermomètres les plus exacts, qu'une grande cuve portoit toujours bleu, ſur-tout l'été, au bout de ſeize heures, & la chaleur du bain étant au cinquante-cinquieme degré du thermomètre de Réaumur, je me flattai d'obtenir les mêmes effets ſur une petite cuve, dès le moment où je pourrois réuſſir à conſerver ce degré de chaleur pendant le même eſpace de temps, ou même plus long-temps.

Les fluides, comme tout le monde ſait, conſervant leur chaleur infiniment plus long-temps, ſous un grand que ſous un petit volume, le ſeul moyen de réuſſir, étoit d'excéder de beaucoup les précautions qu'on prend pour entretenir la chaleur dans les grandes cuves. J'ai donc fait conſtruire une cuve

de la même grandeur que celle de M. Hellot, mais avec des douves de bois de chêne, portant dans toutes leurs parties deux pouces d'épaiſſeur. J'y ai fait adapter un couvercle de planches encore plus épaiſſes, & j'ai fait pratiquer dans toute ſa circonférence, une rainure d'environ un pouce de profondeur, pour qu'il fermât hermétiquement la cuve. Celle-ci, outre tous ſes autres déſavantages, ayant encore celui de ne point être enterrée, j'ai tâché de compenſer cet inconvénient, en aſſujétiſſant tout au tour d'épaiſſes couvertures de laines repliées en ſix; j'en ai diſpoſé de la même nature & de même épaiſſeur, pour être adaptées ſur le couvercle lui-même, lorſque le premier bain ſeroit ravalé.

Ayant enſuite reconnu par pluſieurs expériences que les quantités qui pourroient répondre à celles du travail en grand, & me donner les mêmes effets, ſeroient.

Trente livres.....».....de Paſtel.

Deux livres.....».....de Gériſſe.

Deux livres.....».....de Garence.

.....Quatre onces....de Son.

J'ai fait broyer beaucoup plus menu que de coutume, les trente livres de Paſtel. J'ai rempli d'eau commune deux grandes baſſines, dont les capacités réunies formoient à-peu-près celle de ma cuve, j'ai partagé ma Gériſſe en deux parties égales, que j'ai bottelées, & j'ai mis une moitié dans chaque baſſine. Une heure après que cette infuſion étoit ſur le feu, & lorſqu'elle a commencé à jetter de gros bouillons, j'ai partagé entre mes deux baſſines deux livres de Garence commune, & environ quatre onces de Son. J'ai laiſſé bouillir le tout une demi-heure. Lorſque la Garence m'a paru bien diſſoute, & que les bouillons ont commencé à ſortir des baſſines, j'ai raffraîchi chacune avec un ſceau d'eau; alors j'ai jetté mon Paſtel le plus diviſé qu'il m'a été poſſible au fond de la cuve; enſuite

j'ai ravalé ; c'eſt-à-dire, fait paſſer dans la cuve le bain contenu dans les baſſines, & j'ai pallié pendant tout le temps de la tranſvaſion : il étoit alors quatre heures après midi : la température extérieure, & qui différoit très-peu de celle de mon laboratoire, étoit à douze degrés ; & la chaleur du bain dans lequel j'ai plongé un thermomètre de mercure, étoit environ à ſoixante-dix. J'ai recouvert alors ma cuve avec le couvercle & les couvertures dont j'ai parlé plus haut, & je ne l'ai viſitée qu'au bout de quatre heures. Après cet intervalle, je l'ai palliée, ſelon les régles de la teinture en grand, & j'ai continué enſuite à pallier de quatre heures en quatre heures, juſqu'au lendemain midi. Elle n'étoit pas encore venue à ce palliement ; mais l'ayant viſitée de nouveaux deux heures après, & ayant heurté deſſus, j'ai vu qu'elle portoit le plus beau bleu. Pour m'en aſſurer de plus en plus, j'y ai plongé un petit échantillon ; il eſt ſorti du bleu le plus caractériſé que puiſſe donner le Paſtel. Ayant plongé au même moment dans la cuve, un thermomètre de mercure, j'ai eu cinquante-trois degrés, c'eſt-à-dire, le degré de chaleur que donnent très-ſouvent les grandes cuves elles-mêmes, à pareille époque, & ſeulement deux degrés de moins que je n'ai énoncé plus haut. Si on calcule de même le temps de ſa venue, on verra qu'elle n'a guere excédé que de deux heures le terme que j'ai donné pour le plus commun dans la venue des grandes cuves, & on conviendra qu'il eſt difficile d'obtenir un rapport plus exact ſur des points qui d'ailleurs ne ſont jamais conſtans ni rigoureux de part & d'autre.

Reconnoiſſant de plus en plus, pendant le palliement, que ma petite cuve étoit parfaitement venue, je lui ai donné deux livres de chaux vive tamiſée, ſelon le procédé ordinaire & ſelon la proportion qui m'a paru la plus convenable. Je l'ai laiſſé enſuite repoſer ſix heures. Après cet intervalle, j'ai completté l'établiſſement de ma cuve en y mettant deux livres d'Indigo, ſelon la proportion qui me paroiſſoit encore la plus exacte, vu la différence de volume, & je lui ai rendu en

même-temps une livre de chaux. Cette cuve ſur laquelle j'ai teint le lendemain un morceau d'étoffe dans le bleu le plus foncé & le plus nourri, ne me permettant plus de douter de ſa parfaite réuſſite, je me ſuis mis en devoir d'en établir deux autres pendant la même ſemaine, & elles ont eu toutes le même ſuccès.

Je devois ſans doute, avant de rendre compte d'aucune expérience, expoſer celle qui m'a ſervi de baſe pour toutes les autres. J'ai cru même devoir entrer dans un détail d'autant plus exact, qu'elle n'avoit pu réuſſir à un homme de la plus juſte célébrité dans les Sciences; qu'elle n'auroit pas été tentée davantage par les Artiſtes qui la regardoient comme impoſſible, & que ſon ſuccès étant au contraire bien conſtatée, elle mettra tous les Savans à portée d'obſerver de nouveau, dans leurs laboratoires, les phénomènes de cette partie de la teinture.

Après avoir gouverné ma premiere cuve pendant environ huit jours ſans accident, l'avoir réchauffée, & avoir teint deſſus pluſieurs fois, comme je ne pouvois plus douter qu'elle ne fût dans le rapport le plus exact ſur tous les points avec mes grandes cuves, j'ai tenté d'en déranger l'équilibre en y jettant d'abord un excès de chaux. Quoique je lui en euſſe donné une livre en la palliant la veille au ſoir, je lui en ai encore rendu une livre & demi le lendemain matin, & je ne l'ai plus palliée de la journée. Lorſque je l'ai découverte le lendemain, j'ai trouvé la belle couleur du bain changée en un noir foncé: ſon odeur étoit abſolument celle de la chaux, & quoiqu'elle portât encore une fleurée bleue, elle ne teignoit nullement les mains; y ayant plongé un morceau d'étoffe, qui la veille auroit été teint du plus beau bleu au bout de ſept ou huit minutes, je ne l'ai retiré que d'un bleu pâle, terne, & mal égal, après l'y avoir laiſſé ſéjourner pendant quatre heures: tous ces ſymptômes, comme je l'ai dit plus haut, ſont ceux qui prouvent infailliblement qu'une cuve eſt roide ou rebutée. J'ai pris alors le parti de la réchauffer; mais elle

eſt reſtée dans le même état pendant quatre jours conſécutifs. Je l'ai réchauffée de nouveau après cet intervalle. La cuve qui donnoit encore une fleurée légere avant ce ſecond réchaux, & portoit encore bleu, a ceſſé d'en donner alors le moindre veſtige; ſon odeur eſt devenue plus mordante que jamais, ſa couleur plus noire, & elle paroiſſoit ne devoir plus jamais rendre aucun effet. Je l'ai laiſſée deux jours dans cette état & ſans lui donner aucun mouvement; lorſque je l'ai découverte, le troiſieme jour, & que j'ai commencé à heurter deſſus, j'ai vu auſſi-tôt une fleurée bien caractériſée, paroître à la ſuperficie du bain; la fleurée s'eſt ſoutenue ſans interruption, & avec les mêmes caracteres pendant trois jours, que je l'ai laiſſée encore ſans la réchauffer. Je l'ai enfin miſe ſur le feu le quatrieme jour, bien perſuadé qu'elle reprendroit alors tout ſon éclat, & & feroit reparoître ſon Indigo. J'ai effectivement apperçu un changement rapide, même en ravalant, & encore plus lorſque j'ai eu tranſvaſé tout le bain. La fleurée ne différoit en aucune façon de celle d'une cuve dans ſa plus grande force; les veines d'Indigo commençoient à couvrir la ſuperficie de la cuve, dès le temps même du palliement; & lui ayant laiſſé quelques heures de repos, j'ai teint deſſus un morceau d'étoffe, dans une nuance tout auſſi foncée qu'auparavant, ſans y avoir cependant remis la moindre particule d'Indigo.

Ce changement ſi complet & ſi flatteur, je ne l'ai obtenu, comme on voit, par aucune recette particuliere, ni par aucun brevet compliqué, mais uniquement en redoublant les réchaux, & remettant pluſieurs fois de ſuite le bain ſur le feu, en tout ou en partie. On ſera peut-être bien ſurpris maintenant d'apprendre que les Teinturiers regardent cependant le réchaux, en pareil cas, comme la perte totale des cuves, & comme le procédé qu'on doit fuir avec le plus de ſoin. Toujours troublés lorſqu'ils éprouvent quelqu'accident de cette nature, la plupart, ou n'ont jamais tenté de réchauffer alors la cuve, & encore moins de redoubler les réchaux, ou frappés de

de ce que le déſaſtre paroiſſoit redoubler à meſure qu'ils réchauffoient; de ce que la fleurée, les veines bleues, la bonne odeur de la cuve, paroiſſoient ſe diſſiper de plus en plus, à meſure qu'ils réitéroient les réchaux, comme je l'ai éprouvé moi-même; frappés, dis-je, de toutes ces apparences, ils ont cru, & toujours publié depuis, que le réchaux étoit, pour ainſi dire, l'extinction totale des cuves une fois rebutées. Pour moi, j'ai penſé, dès le commencement de cette expérience, que ſi le réchaux rendoit la couleur de la cuve plus noire, ſes vapeurs plus âcres & plus mordantes, c'eſt qu'il augmentoit conſidérablement la fermentation des parties; c'eſt à ce redoublement de fermentation que j'ai cru devoir attribuer la perte de la fleurée, des veines, & tout le déſordre apparent; mais j'ai conjecturé en même-temps, que rien n'étoit plus propre qu'une telle fermentation, pour ronger l'excès de la chaux, qui étoit viſiblement la cauſe du mal, & j'en ai eu la démonſtration la plus complète, puiſque, dans l'expérience précédente, les réchaux réitérés ont rétabli, pour ainſi dire, la ſaturation exacte qui doit toujours exiſter entre la chaux & les autres parties de la cuve.

Voulant pouſſer cette expérience encore plus loin, & reconnoître de plus en plus la vérité de ces conjectures, j'ai choiſi une ſeconde cuve établie avec le même ſuccès que la précédente, & dans ſa pleine force. Quoiqu'elle fût par conſéquent bien pourvue de chaux, je lui en ai encore donné la valeur de huit livres. On ſe doute bien de la prodigieuſe révolution qu'une pareille doſe a produite dans la cuve; en moins de quelques heures, elle ne portoit plus ni fleurée, ni apparence de bleu. L'extérieur du bain étoit même bien autrement dénaturé que dans la derniere expérience; au-lieu d'une couleur noire, il n'avoit que celle d'une eau limoneuſe, & d'une eſpece de boue. L'odeur qui, dans l'autre cuve rebutée, étoit âcre & irritante, étoit ici d'une fœtidité inexprimable, & plutôt fade que mordante. Tant de caracteres rebutans ne me firent point déſeſpérer. Je commençai, ſelon

mon principe, par réchauffer. Je ne fis, par ce premier réchaux, qu'augmenter le cendré de la couleur & la puanteur du bain. Je réchauffai encore ſix jours après; j'eus toujours les mêmes ſymptômes, & je remarquai ſur-tout qu'il m'étoit impoſſible, en heurtant, d'obtenir une fleurée, même analogue à la couleur du bain. Je ne la réchauffai plus que douze jours après, & je ne reconnus encore aucune différence lors du ravalement (inſtant d'ailleurs où le bain eſt toujours le plus trouble); mais quelques heures après, & lorſque la cuve commença à ſe refroidir, j'apperçus un commencement de fleurée en heurtant deſſus. Cette fleurée, ou plutôt cette écume, étoit griſe, & avoit encore très-peu de tenue. Je la laiſſai encore quinze jours en repos; mais je la viſitai fréquemment pendant cet intervalle; &, à meſure que le temps avançoit, je m'apperçus que la fleurée commençoit peu-à-peu à bleuir. L'ayant enfin réchauffé pour la quatrieme fois, j'ai vu une fleurée du plus beau bleu ſe manifeſter dès l'inſtant même du ravallement, les veines & la couleur jaune que doit avoir une cuve en bon état, n'ont pas tardé à reparoître; &, au bout de quelques heures, il ne lui manquoit plus aucun des caracteres qu'offrent les cuves qui n'ont jamais rien eſſuyé.

On ſe doute bien que je ne donne point cette derniere expérience comme une choſe qui doive être répétée par les Artiſtes, mais uniquement comme une preuve encore plus complette de la théorie que j'ai donnée plus haut. J'eſpere donc qu'ils reconnoîtront avec moi les véritables effets du réchaux en pareil cas, & qu'ils renonceront ſur-tout à tant de procédés & de brevets, ou qui n'operent rien, ou qui peuvent produire un déſordre beaucoup plus réel dans les cuves.

Mon principal but dans l'établiſſement de ces petites cuves, étant d'obſerver, avec la plus grande préciſion, ce phénomène encore bien plus frappant, que les Teinturiers appellent *putréfaction* ou *perte totale des cuves*, j'en ai conſacré pluſieurs à cet important objet. Le premier pas dans de pareilles recher-

ches, étant de connoître les cauſes du mal, & de les connoître au point de ſavoir le produire, j'ai cherché à faire tourner une de mes petites cuves, en y jettant d'abord ſéparément tous les agens chimiques. Les alkalis, loin de l'altérer & d'y produire aucun effet fâcheux, m'ont paru en ranimer toutes les parties, & cela en raiſon de l'analogie dont j'ai parlé en rendant compte de mon analyſe. Tous les acides m'ont paru y faire peu d'effet, ſi on excepte cependant l'acide vitriolique. Celui-ci n'y fait pas plus d'effet que les autres à l'extérieur, & quant à la putréfaction de la cuve; mais il arrête ſingulièrement les opérations de la teinture; il empêche l'étoffe de verdir, & par conſéquent de prendre enſuite une nuance de bleu égale & décidée.

Ne trouvant d'abord aucune recette ni aucun brevet avec lequel je puſſe réuſſir à faire tourner mes cuves, & ayant d'ailleurs l'expérience journaliere que les grandes cuves tournent ſans aucune addition, j'ai tâché d'obtenir auſſi cet effet par le jeu des ſubſtances ſeules qui les compoſent. J'avois reconnu par les expériences précédentes, que l'action ſi ſimple en elle-même, de réchauffer, avoit une influence étonnante ſur les cuves, & qu'elle étoit leur ſalut lorſqu'elles étoient rebutées. Ce procédé, comme je l'ai démontré, n'ayant d'effet que par l'eſpèce d'épuiſement qu'il procure, je ſoupçonnai que, pouſſé encore plus loin, il contribueroit peut-être également à leur perte. Je laiſſai donc d'abord une de mes petites cuves que je venois de réchauffer, ſans lui rendre ni chaux ni Indigo; je m'apperçus qu'elle devenoit extrêmement jaune, & de plus en plus à doux. Sans attendre qu'elle fût refroidie, je la remis ſur le feu, & je la réchauffai à fond. Je m'apperçus d'abord, & comme je m'y attendois, que le réchaux avoit ranimé toutes ſes parties. Sa couleur étoit devenue plus brune, ſon odeur plus montante: la fleurée & les veines étoient au plus haut degré de beauté. Il étoit environ huit heures du ſoir lorſque je ravalai; je crus devoir pallier un peu plus longtemps que de coutume; mais je recouvris encore la cuve ſans

lui rendre ni chaux ni Indigo, & je l'abandonnai à elle-même toute la nuit. Comme j'avois pallié cette cuve, & heurté deſſus fort long-temps, je l'avois laiſſé couverte de la plus épaiſſe fleurée. Lorſque je revins la voir le lendemain matin, je trouvai encore toute la fleurée de la veille à la ſuperficie du bain, mais lorſque je heurtai deſſus, la cuve ne me donna plus qu'une légere écume grisâtre; ce que les Teinturiers appellent *crêmer*. Je me mis à pallier, mais le bain ne m'offroit plus de veines; ſa couleur étoit d'un jaune blanchâtre; ſon odeur devenoit fœtide, & je remarquai ſur-tout avec le plus grand étonnement, que la belle fleurée obtenue la veille, ſembloit ſe ronger, & diſparoiſſoit à meſure que je continuois à pallier. Obſervant toujours conſtamment cette même cuve, j'ai vu diſparoître juſqu'à la moindre particule de bleu; & en moins d'une demi-heure, la fœtidité qui ne ſe manifeſtoit pas avant, s'eſt accrue à un degré inexprimable.

Tant de caracteres & auſſi conformes à ceux que j'ai détaillés plus haut, me prouvoient bien clairement que j'avois réuſſi à tourner complétement ma cuve, & que ſi le réchaux avoit paru la ranimer d'abord, ce n'avoit été que pour le plus court intervalle. J'ai tenté alors différentes expériences qui m'en ont convaincu de plus en plus. J'y ai plongé un morceau d'étoffe que j'avois mouillé auparavant dans de l'eau chaude pour le rendre plus facile à teindre, & je l'ai mené en cuve un temps conſidérable. Je l'ai retiré après ce temps ſans aucun veſtige de bleu, mais ſeulement un peu rouſſi.

Soupçonnant que la cuve étoit alors dans une eſpèce d'état dévorant, j'y ai plongé un morceau d'étoffe déjà teint dans un bleu foncé; en moins de deux heures, l'échantillon étoit tombé de dix nuances. Un morceau de toile bleue y ayant ſéjourné l'eſpace de douze heures, il en eſt ſorti entièrement déteint; & cette cuve, qui auroit produit quelques heures plutôt le bleu le plus riche, étoit alors l'intermède le plus propre à corroder cette couleur.

J'ai fait une dernière expérience qui prouve encore mieux la rapidité avec laquelle la cuve abſorbe & décompoſe tout ce qu'on lui offre, lorſqu'elle eſt dans cet état. J'avois obſervé plus d'une fois que le bain d'une cuve non altérée pénétroit le tiſſu animal à un point ſingulier, que ſi on plongeoit la main dans cette cuve, non-ſeulement la peau, mais même les ongles étoient auſſi-tôt imprégnés de teinture, au point que le ſavon, le ſon, les cendres mêmes, ne pouvoient leur faire perdre ſur-le champ la couleur; & ce n'eſt, en effet, que par des lotions réitérées qu'on y parvient. Ayant ſous les yeux deux cuves, dont l'une étoit dans ſa plus grande vigueur, & l'autre dans cet état de putréfaction complète, j'ai plongé les mains dans la premiere, & les y ai laiſſé tout le temps néceſſaire pour qu'elles priſſent le plus grand degré de bleu poſſible. Je les ai plongé enſuite dans la cuve putréfiée; en moins de quelques ſecondes toute la couleur de mes mains a diſparu.

Quelques Gueſdrons ſe ſont imaginés, de loin en loin, de rendre alors de l'Indigo à la cuve, & ſe ſont flattés, par-là, de lui reſtituer ſa couleur bleue; mais on ſe doute bien que la cuve n'en a fait que ronger davantage. L'inutilité de ce procédé a donc achevé d'accréditer de plus en plus l'idée où l'on a été, de tous les temps & dans tous les atteliers, qu'une cuve réduite à cet état étoit putréfiée; c'eſt-à-dire, ſelon les Artiſtes, perdue ſans reſſources; &, comme on voyoit toujours la fœtidité de ces cuves s'accroître de plus en plus, on a cru ne pouvoir trop ſe hâter de les jetter à la riviere. J'ai ouï dire maintes fois, que des Teinturies gagés, craignant de perdre leurs places, lorſqu'ils avoient eu le malheur de laiſſer tomber une cuve dans cet état, avoient emprunté, ou pris ſur leur propre fortune, de quoi rétablir ces cuves qu'ils jettoient en ſecret. J'ai vu moi-même des propriétaires de teinture, perdre juſqu'à dix mille livres dans une ſeule année, par une ſuite de cuves qui leur avoient préſenté ces caractères, & qu'ils s'étoient cru, en conſéquence, obligés de jetter à la

riviere : enfin j'ai connu un Artiſte infortuné, qui a été réduit à faillir, & même à la mendicité, par la perte de quatre cuves conſécutives.

Il eſt ſans doute bien intéreſſant de pouvoir annoncer que c'eſt le préjugé, & le préjugé ſeul, qui eſt encore la cauſe de ces malheurs, que les Artiſtes ſe ſont encore laiſſé abuſer par les apparences, & que ces cuves qu'ils ont toujours cru abſolument perdues, contiennent encore ſans aucune altération toutes les parties colorantes, & ſont toutes prêtes à les reſtituer. Cette aſſertion paroîtra ſans doute bien hardie au premier aſpect ; je ſais même que les Artiſtes ont une autorité reſpectable pour ſe couvrir, & qu'un grand homme a partagé leur opinion ; mais je crois avoir à leur oppoſer tout ce que l'expérience a de plus fort, & j'eſpere qu'il en ſera de ce préjugé comme de tant d'autres de la plus grande importance, qui ne ſont que d'être dévoilés.

D'après les moyens que j'avois employés pour faire tourner ma petite cuve, tous les états par leſquels elle a paſſé enſuite, loin de me paroître un déſordre, m'ont paru une ſuite des loix de la Nature même, & ils ont ceſſé de me cauſer aucun étonnement. J'avois excité par des réchaux réitérés une fermentation & un travail exceſſif entre toutes ſes parties. J'avois en même temps retiré la ſeule ſubſtance qui ſoutenoit l'activité & l'union entre elles ; le paſtel, & ſur-tout l'Indigo étant deux ſubſtances qui ont déjà paſſé par la fermentation ſpiritueuſe & la fermentation acide, il étoit néceſſaire qu'elles ſubiſſent alors l'une & l'autre la fermentation putride, & on ne peut diſconvenir que tous les ſymptômes d'une cuve perdue, ne ſe rapportent exactement avec ceux de cette derniere fermentation.

Celle-ci eſt encore, à la vérité, celle de toutes qu'il eſt plus difficile d'arrêter dans ſes effets ; elle eſt ordinairement l'annonce ſûre, & le moyen de deſtruction de tous les corps ; mais connoiſſant auſſi-bien les cauſes qui l'avoient amenée,

& en ayant ſuivi tous les progrès, je me flattai d'y remédier, ſi je ne pouvois trouver un anti-putride aſſez puiſſant. Après les avoir épuiſé tous, j'ai reconnu que la ſubſtance la plus commune de toutes, la plus connue des Teinturiers, & la plus connue des Gueſdrons même, étoit la ſeule qui pût faire effet en changeant, à la vérité, de beaucoup les doſes ordinaires. C'eſt la chaux dont j'ai déjà parlé tant de fois, qui m'a rendu ces effets ſi précieux dont je vais donner le détail; &, après avoir une fois ſurmonté tous les caracteres rebutans de ma petite cuve, je n'ai fait autre choſe qu'excéder de beaucoup les proportions qui ſervent ordinairement de régle.

J'ai donc jetté dans la petite cuve dont j'ai toujours parlé juſqu'à préſent, environ huit livres de chaux, & j'ai pallié auſſi long-temps que ſon odeur ſuffoquante me l'a permis. J'ai quitté auſſi-tôt mon laboratoire, où il m'étoit impoſſible de tenir, & je n'y ſuis rentré que quatre heures après. Je trouvai en rentrant l'odeur diſſipée, non-ſeulement de mon laboratoire, mais de ma cuve même. Quoique je l'aie pallié pour lors très-long-temps, je ne lui ai plus trouvé que l'odeur d'une cuve à doux, mais elle ne donnoit toujours aucune fleurée. L'ayant viſitée de nouveau deux heures après, la fleurée bleue a commencé à ſe manifeſter, & le lendemain matin la cuve s'en eſt couvert, lorſque j'ai pallié. Elle avoit donc tous les dehors d'une cuve parfaitement rétablie; mais j'avoue qu'elle n'a pas tardé à noircir & à me donner tous les caracteres de la roideur, ſans même la réchauffer. Cette prodigieuſe quantité de chaux bien propre à la vérité à produire, & même d'une maniere ſubite, le premier effet que je deſirois, a jetté la cuve dans un autre inconvénient; j'ai donc tenté d'obtenir un rapport plus exact dans une nouvelle expérience.

Ayant encore une cuve entièrement tournée, ſans fleurée, ſans aucune veine, ne faiſant que crêmer lorſque je la heurtois, & ne donnant plus aucune apparence de bleu, je lui ai donné d'abord deux livres de chaux. Je l'ai découverte au bout

de deux heures. Je n'avois aucun changement. Étant revenu deux heures après, je n'apperçus encore aucune différence. La cuve étoit toujours fœtide, ſans fleurée, & crémoit même encore; je pris alors le parti de jetter une livre de chaux. Au bout de quelques minutes, l'écume prit un peu de conſiſtence, la fleurée reparut de plus en plus: enfin, ayant donné encore huit onces de chaux, la fleurée eut une conſiſtance décidée, & le goût de la cuve, qui étoit auparavant de la plus grande fœtidité, prit beaucoup de montant. Je la laiſſai dans cet état toute la nuit, & je ne la vins viſiter que le lendemain matin; mais je m'apperçus qu'elle étoit encore devenue un peu roide, & que j'avois encore un peu excédé la quantité de chaux qui étoit néceſſaire à la cuve. L'ayant abandonné pendant quatre jours, je m'apperçus qu'elle commençoit à revenir à doux, & à porter un peu de fleurée, quoiqu'extrêmement froide. Je jugeai qu'il étoit temps alors de la remettre ſur le feu. Pendant qu'elle ſe réchauffoit, & beaucoup plus encore lorſqu'elle fut ravalée, la fleurée reparut avec le meilleur caractere; l'odeur n'étoit que celle d'une cuve en bon état; &, quoique ſa couleur fût encore très-brune, je jugeai qu'elle ſeroit bientôt en état de travailler. En effet, après lui avoir encore donné deux palliemens, & laiſſé raſſeoir la pâtée, j'y ai plongé une aune d'étoffe, & l'ai mené en cuve l'eſpace de dix minutes: elle eſt ſortie du plus beau verd, & après avoir été éventée, j'ai eu un bleu vif & bien tranché. Je lui ai donné un ſecond bout, pendant environ le même eſpace de temps. J'ai eu encore le plus beau verd en levant l'étoffe hors de la cuve, & après l'évent, un bleu également vif & foncé, qui s'eſt très-bien ſoutenu au lavage. Six heures après avoir fait ainſi travailler cette cuve, je lui ai donné une demi-livre de chaux: elle a toujours continué à donner les meilleurs caractères, & même elle a quitté, petit-à-petit, ſa couleur noire qu'elle affectoit encore immédiatement après ce dernier réchaux. Trois jours après, quoique ſa couleur fût preſqu'entièrement tombée, elle étoit plus belle que jamais, d'un beau jeaune, & couverte de veines bleues.

J'ai dit,

J'ai dit, dans le commencement de cet article, que je n'avois pu réuſſir à faire tourner aucune de mes petites cuves, en y jettant les différens acides, ou les différens alkalis ſéparément; mais ayant compoſé quelque temps après un brevet avec ſix onces d'huile de vitriol, une once de potaſſe, une demi-once de borax, & une once d'Indigo, j'ai reconnu que ce brevet avoit la vertu de faire tourner mes cuves preſqu'à l'inſtant. J'ai profité auſſi-tôt de l'action rapide de ce mêlange, pour eſſayer de faire tourner & de reproduire un plus grand nombre de cuves en peu de temps.

La premiere cuve ſur laquelle j'ai fait cet eſſai, étoit plutôt un peu roide que diſpoſée à s'affoiblir. Auſſi-tôt que j'ai eu jetté le mêlange, il s'eſt excité dans la cuve une violente efferveſcenſe. Une fleurée grisâtre s'eſt formée à la ſuperficie, & eſt devenue à l'inſtant ſi abondante, qu'elle débordoit preſque la cuve. Lorſque cette grande efferveſcence a été calmée, j'ai pallié fortement ma cuve, & j'en ai conſidéré attentivement le fond. La couleur qui, avant le nouveau mêlange, étoit d'un noir brun, comme l'eſt toujours celle d'une cuve roide, avoit pris, en moins de quatre ou cinq minutes, une nuance jaune ſemblable à celle des cuves qui ſont le plus en état. L'odeur roide & âcre de la chaux s'eſt diſſipée avec la même promptitude, & a fait place à celle des cuves que l'on nomme *à doux*. Il étoit alors ſix heures du ſoir; j'ai recouvert ma cuve juſqu'à huit. Lorſque je ſuis venu la revoir, j'ai trouvé que dans, cet eſpace de temps ſi court, elle s'étoit preſqu'entiérement tournée; elle jettoit déjà l'odeur la plus fœtide; elle crémoit fortement, ne donnoit plus aucune fleurée, & ne donnoit qu'un gris-ſale à l'étoffe: je lui ai donné deux livres de chaux pour l'arrêter, & le lendemain matin encore une livre. Cette quantité de chaux a effectivement diſſipé en partie la putréfaction qui commençoit à ſe manifeſter ſi fortement. La fleurée bleue a commencé auſſi à reparoître; mais, pour m'aſſurer de plus en plus des effets que j'avois déjà obtenus, j'ai jetté à ſept heures du ſoir quantité égale de ce brevet, &

compoſée exactement de même, excepté qu'à la potaſſe j'avois ſubſtitué de l'alkali fixe concret. J'ai eu un peu moins d'effervescence en jettant le mêlange, ſoit que ma cuve fût plus roide, ſoit à cauſe de l'alkali fixe; mais les mêmes effets ont reparu dans la cuve, & même plus ſubitement. En huit ou dix minutes, l'odeur de la cuve eſt devenue inſupportable. Suffoqué par la fœtidité qui s'en dégageoit, & reconnoiſſant d'ailleurs tous les ſymptômes de la cuve la plus complètement tournée, j'ai ceſſé de pallier; mais, avant de recouvrir, j'ai jetté dans la cuve environ trois livres de chaux. A dix heures du ſoir, je n'avois aucun changement. Le lendemain, l'odeur étoit encore ſi forte, que je fus obligé d'abandonner la cuve, & qu'elle me cauſa des naufées violentes. Le ſurlendemain, je m'apperçus bien que la puanteur étoit un peu diminuée, mais le bain étoit toujours exactement de couleur de terre, & ſans aucune reſſemblance à celle des cuves en état. Je l'abandonnai alors pendant quatre jours ſans la découvrir. Lorſque je l'ai viſité, après cet intervalle, toute l'odeur fœtide étoit diſſipée; on ne ſentoit plus que celle du paſtel; & la cuve, quoiqu'entièrement froide, donnoit une petite fleurée bleue. Je me ſuis alors empreſſé de la réchauffer. Auſſi-tôt qu'elle a été ſur le feu, & encore bien plus lorſqu'elle a été ravalée, elle a porté la fleurée la plus riche. J'ai plongé dedans, au bout de quatre heures, un morceau d'étoffe; il a pris, dès le premier bout, un bleu très-vif; mais ce qui prouve ſur-tout combien cette cuve étoit réparée, c'eſt que j'ai eu le verd le plus marqué que j'aie jamais vu en retirant l'étoffe du bain.

J'ai tourné & reproduit de la ſorte, au moins dix petites cuves, & j'ai répété cette ſinguliere expérience juſqu'à quatre fois ſur une ſeule. Après des ſuccès auſſi ſoutenus, & ſur-tout auſſi convaincu que je l'étois du rapport exact de mes petites cuves avec les grandes, ſur tous les points, j'aurois pu terminer-là mes travaux à cet égard, & mes Juges trouveront ſans doute le problême déjà complétement réſolu; mais jaloux

de diſſiper juſqu'au moindre nuage, & ſur-tout ne voulant pas laiſſer le moindre retranchement au préjugé, je vais rendre compte de l'expérience au moins auſſi triomphante que j'ai faite ſur une grande cuve.

Je me trouvai avoir, au 15 de Mai 1776, une grande cuve dont le paſtel étoit extrêmement fatiguée, & dont l'Indigo étoit preſqu'entièrement tiré par tous les objets que j'avois paſſé deſſus. Je formai auſſi-tôt le projet d'employer tous les moyens que j'avois reconnu contribuer à la perte des cuves. Je défendis expreſſément de lui rendre de la chaux. Je n'eus d'abord aucun effet; je ſoupçonnai que cette inaction venoit de ce que ma cuve étoit refroidie; & ayant éprouvé, comme je l'ai dit plus haut, que le paſtel ne travailloit plus, ou très-peu, lorſque la cuve étoit froide, je la fis réchauffer: elle fut encore un ou deux jours ſans donner aucun ſymptôme extraordinaire. Le 22, elle commença à crémer, & ſa fleurée à diminuer ſenſiblement; le lendemain, elle étoit entièrement tournée, n'avoit plus de fleurée, & commençoit à exhaler une odeur très-fœtide. Pendant les trois jours conſécutifs, l'odeur devint de plus en plus fœtide; au quatrieme, elle infectoit non-ſeulement le bâtiment où la Teinture eſt ſituée, mais encore tous les bâtimens voiſins, & même pluſieurs jardins ſitués à l'entour. L'odeur devint alors ſi terrible, que les ouvriers me conjurerent de faire vuider la cuve; mais je demeurai inflexible, réſolu de ſuivre ſon état beaucoup au-delà de toutes les expériences, qui pouvoient avoir été faites juſqu'à moi. Comme je commençois cependant à craindre des accidens de cette terrible odeur, & à croire qu'il étoit temps de tenter quelques épreuves, je fis jetter environ vingt livres de chaux en grumelot; j'étois alors au vingt-cinq. Je ne découvris ma cuve que trois jours après, réſolu cependant de la jetter à la riviere, ſi je ne trouvois aucun changement; mais je vis, au contraire, avec une bien grande ſurpriſe, qu'elle avoit une odeur infiniment moins fœtide: en heurtant deſſus, j'apperçus une fleurée caractériſée; & plus je continuai à heurter, plus la fleurée devint marquée. J'avois eſſayé, lorſque la cuve

étoit entièrement tournée, de teindre deſſus; &, ayant retiré mon étoffe exactement telle que je l'avois plongé, je m'étois convaincu de plus en plus, qu'une cuve en cet état ne donne plus le moindre veſtige de couleur. Il étoit de toute importance, pour avérer l'eſpèce de renouvellement de ma cuve, d'eſſayer ſi elle recommençoit à teindre; mais elle étoit alors ſi froide (c'étoit le vingt-huit), qu'elle n'auroit pas même ſaiſi l'étoffe, ſi elle avoit été dans le meilleur état. Je la fis donc réchauffer, malgré la répugnance des ouvriers qui lui trouvoient encore, avec raiſon, une odeur aſſez fœtide. Le réchaux acheva de lui enlever cette odeur : lorſqu'elle fut ravalée, elle porta plus belle fleurée que jamais; elle prit même une couleur un peu noirâtre; & lorſque j'y ai plongé des échantillons, je les ai retirés d'un bleu céleſte très-foncé. J'aurois eſſayé de paſſer des draps deſſus, ſi mes autres cuves ne m'euſſent ſuffi pour le moment; mais au lieu-de réitérer les expériences ſur la couleur, j'ai voulu voir ſi la putridité auroit encore lieu en abandonnant la cuve à elle-même. Dans cette vue, je l'ai laiſſé ſubſiſter encore un grand mois. L'odeur fœtide étoit ſi bien diſſipée, qu'elle n'a plus reparu, & elle étoit abſolument ſans odeur quand je l'ai fait jetter à la riviere.

Après de pareilles expériences, je crois avoir bien le droit de conclure que jamais la partie fondamentale & colorante des cuves, n'eſt diſſoute ni perdue dans celles qui paroiſſent à la vérité l'annoncer ſi clairement par leurs ſymptômes; que ces parties ſont ſeulement enveloppées, voilées, comme le ſont les matières métalliques dans leur diſſolvant, & qu'elles ſont toujours prêtes à reparoître auſſi ſemblables à elles-mêmes, & auſſi peu altérées que la matiere des précipités quelconques. Qu'eſt-ce qui peut produire des ſymptômes auſſi extraordinaires, & ſur-tout auſſi rebutans? Je le répète, ce ſont les commencemens de la fermentation putride : c'eſt elle qui produit l'horrible fœtidité des cuves, puiſqu'elle ſeule eſt en poſſeſſion de répandre une odeur hépatique ſur toutes les

ſubſtances, & d'y produire même un vrai foie de ſoufre: c'eſt elle encore qui fait diſparoître toutes les parties colorantes, puiſqu'elle ne manque jamais de porter également ſes ravages ſur le principe colorant de toutes les ſubſtances qu'elle attaque, & que la deſtruction des couleurs eſt même un des premiers ſignes de ſon action. Qu'eſt-ce qui peut produire la fermentation putride elle-même, & la produire dans certains momens plutôt que dans d'autres? C'eſt l'épuiſement de la chaux; c'eſt-à-dire, l'épuiſement des parties ſalines qui ſont ſeules capables de prévenir ou de ſuſpendre ce genre de fermentarion. Toutes les matieres végétales, comme le rappelle le programme même de l'Académie, étant ſuſceptibles des trois fermentations, ſpiritueuſe, acide, putride, & les principes végétaux des cuves n'ayant paſſé, lors de leur fabrication, que par les deux premiers degrés, il eſt néceſſaire qu'ils ſe précipitent vers le troiſieme, dès qu'il ceſſe d'être contenu par un anti-putride aſſez puiſſant, & il eſt dans les loix de la Nature même, qu'ils offrent alors tous les ſymptômes de la deſtruction. Comment enfin la chaux adminiſtrée ſeulement à des doſes beaucoup plus fortes & plus fréquemment que de coutume, peut-elle reſtituer la plus belle fleurée & les veines bleues les plus vives à des cuves qui n'offrent qu'une bourbe fœtide? C'eſt par la faculté qu'elle a non-ſeulement de prévenir, mais encore d'arrêter dans cette circonſtance-ci la fermentation putride. Cette ſubſtance arrêtant le mouvement inteſtin & rapide qui troubloit l'harmonie de tous les principes, qui commençoit à diviſer & à dénaturer toutes les parties, il eſt naturel qu'elles ſe rapprochent, qu'elles ſe reforment ſur les mêmes principes, qu'elles recommencent à former un même tout, & par conſéquent qu'elles recouvrent leur odeur, leur couleur, leurs effets.

Je ne crois pas qu'il ſoit poſſible de démontrer, d'une maniere plus évidente, la cauſe d'un accident, ni d'offrir un remède plus prompt, plus sûr & plus ſimple; mais comme l'Académie demande non-ſeulement les cauſes & les remèdes des

accidens qu'éprouvent les cuves, mais encore les moyens de les empêcher & de les prévenir, je crois devoir avertir les Artiſtes que jamais leurs cuves ne courent un plus grand riſque que lorſqu'elles viennent d'être établies. Le paſtel & les autres ingrédiens de la cuve étant alors dans leur plus grand degré d'activité, c'eſt alors auſſi qu'ils rongent davantage & avec plus de promptitude. Lors donc qu'on a une cuve neuve dans un gueſdre, il faut toujours excéder un peu la proportion dans laquelle on rend de la chaux aux autres cuves plus anciennement établies; ſi on ne lui en rend qu'au même degré, ou même tant ſoit peu peu moins, on court le plus grand riſque de la perdre.

Si une cuve ancienne ou neuve eſt très-jaune & très-à-doux, lorſqu'on la réchauffe, il eſt de toute néceſſité & de toute importance de lui rendre de la chaux auſſi-tôt qu'elle eſt ravalée, ou peu de temps après. Le réchaux ranimant toutes les parties de la cuve, la rendant plus brune, & lui donnant une odeur plus ferme, les Teinturiers la regardent ſouvent alors comme bien en état & pleine de force; mais ce renouvellement n'étant, comme je l'ai dit plus haut, que de très-courte durée, elle acheve, au contraire, d'épuiſer ſa chaux, & elle tourne infailliblement avant d'être refroidie.

J'ai obſervé qu'une cuve ſoit petite, ſoit grande, ne tournoit jamais lorſqu'on venoit de la ravaler, ni même pluſieurs heures après; mais le plus ſouvent deux ou trois jours après avoir été réchauffée, & lorſqu'elle commençoit à être conſidérablement refroidie. C'eſt donc lorſque la chaleur d'une cuve commence à tomber, qu'un Gueſdron doit tout craindre, viſiter plus ſouvent ſes cuves, & ſur-tout rendre de la chaux. Je me ſuis convaincu par une expérience bien frappante, que c'eſt uniquement le degré de chaleur, & non pas le laps du temps, que les Teinturiers doivent obſerver dans cette même circonſtance. Ayant établi la plupart de mes petites cuves dans l'été, & lorſque le thermomètre étoit à douze degrés, j'en ai établi deux lorſqu'il étoit à ſix. La température de l'air con-

ſervant la chaleur des premieres beaucoup plus long-temps, je n'ai pu les faire tourner que trois jours & trois nuits, quelquefois même plus long-temps encore après le réchaux. Les dernieres s'étant refroidies, avec la plus grande célérité, j'ai réuſſi à les faire tourner au bout de vingt heures. C'eſt donc toujours au même degré de chaleur, & non pas après le même eſpace de temps que les cuves tournent: ce n'eſt jamais de quarante-cinq à ſoixante-dix degrès, mais toujours de trente à quarante-cinq; & ſi les Teinturiers ont ſoin de bien obſerver ce degré, ils ne ſeront jamais ſurpris.

La différence prodigieuſe qui n'exiſte que trop ſouvent dans la vigueur & la qualité des paſtels, eſt encore une des choſes qui contribue le plus à ſurprendre les Artiſtes & à perdre leurs cuves, quoiqu'ils les aient d'ailleurs très-bien conduites. Ayant établi deux petites cuves avec l'égalité la plus rigoureuſe dans les doſes de chaque ingrédient, mais ſeulement avec deux différentes ſortes de paſtel, j'ai d'abord obſervé une différence marquée dans le moment de la venue. Celle dont j'avois reconnu le paſtel pour mauvais, n'eſt venu qu'au bout de vingt-quatre heures. Celle dont je ſoupçonnois le paſtel beaucoup meilleur a porté bleu au bout de ſeize. Ayant enſuite employé tous les moyens que je connoiſſois pour les faire tourner, le paſtel, qui avoit été ſi long-temps à porter bleu, s'eſt putréfié en moins de douze heures. Pour la cuve dont je ſavois le paſtel beaucoup plus vigoureux, j'ai été près de trois jours & demi à l'amener aux moindres apparences d'affoibliſſement. Ces différences qui ſe manifeſtent encore d'une maniere bien plus frappante dans les cuves en grand, ſurprennent tous les jours les Artiſtes de la maniere la plus cruelle, & ſans qu'ils puiſſent en deviner la cauſe. Pour les mettre encore en garde contre cette ſource d'accidens, je les invite donc à conſidérer toujours, avec la plus grande attention, la nature de leur paſtel, lorſqu'ils établiſſent une cuve. Si ce paſtel eſt difficile à broyer, verdâtre dans l'intérieur lorſqu'on le briſe; & ſi, dans les premiers momens, il ne donne au bain qu'une couleur brune, il

eſt de la meilleure qualité, & il ſoutiendra long-temps ſon action. S'il ſe réduit facilement en pouſſiere, lorſqu'on veut le broyer dans la main; s'il eſt d'une couleur terreuſe dans l'intérieur, & s'il donne dès les premiers jours une couleur très-jaune au bain de la cuve, il eſt infaillible qu'il aura très-peu d'énergie, & qu'il fera tourner la cuve auſſi-tôt qu'on retardera, ou qu'on diminuera tant ſoit peu la doſe de chaux qui lui convient.

Je ne me ſuis apperçu qu'en dernier lieu, que la qualité de la chaux elle-même avoit la plus grande influence ſur les cuves, & contribuoit très-ſouvent à leurs accidens. C'eſt toujours de la chaux vive qu'on emploie à cet uſage; mais cette chaux, lorſqu'elle a été, par exemple, retirée de pierres tendres, poreuſes, &, preſque friables, a infiniment moins d'action ſur les cuves; & quoiqu'on leur donne une très-grande quantité de chaux de cette eſpece, on n'y produit preſqu'aucun effet. Si la chaux eſt, au contraire, retirée de pierres denſes, & de la plus grande dureté, telles que le marbre ou autres pierres auſſi dures, la moindre quantité produit la fermentation la plus violente dans la cuve, & ſuffit pour la rebuter. C'eſt donc encore ici une des choſes qui font ſouvent la plus funeſte illuſion aux Artiſtes, & qui rebutent ou font tourner leurs cuves au moment même où ils obſervent le plus exactement les doſes reçues. Ils préviendront cependant tous les accidens qui pourroient en réſulter, en s'informant exactement de quelles pierres a été retirée la chaux qu'ils emploient, de quelles carrieres ont été tirées ces pierres elles-mêmes, & ſur-tout en faiſant de petits eſſais ſur leurs cuves, avant d'y jetter avec confiance la chaux dont ils viennent de faire emplette. Je ne crois pas devoir terminer cet article ſans expoſer le rapport bien ſatisfaiſant que j'ai trouvé entre cette remarque & les obſervations ſi ingénieuſes que MM. Duhamel & Macquer ont publiées ſur la chaux. Ces deux Chimiſtes ont reconnu, par une ſuite d'expériences convaincantes, par les différens degrés d'effervéſcence des acides, & par la différente influence des alkalis,

que

que la chaux différoit beaucoup dans ſes propriétés, ſelon la nature de la pierre qu'on avoit calcinée. L'obſervation dont je viens de donner le détail, quoique ſi éloignée des appareils & des expériences ordinaires, appuie ſans doute cette belle théorie d'une maniere bien frappante, & doit la faire regarder comme une des vérités les plus inconteſtables qui exiſtent dans la Chimie.

Je ne croirois pas avoir épuiſé toutes les précautions, qui peuvent prévenir la putréfaction des cuves, ſi je n'indiquois la quantité de chaux qu'on doit ordinairement leur donner en les établiſſant, & qu'on doit leur rendre enſuite lorſqu'elles ſont une fois établies. La quantité de paſtel qu'on met pour établir une cuve, n'eſt jamais réglée; elle dépend toujours, ou de ſa grandeur, ou même ſouvent de la volonté de l'Artiſte; mais quelle que ſoit cette quantité, j'ai reconnu, par une multitude d'expériences, tant en petit qu'en grand, que la chaux devoit toujours être avec le paſtel, dans le rapport d'un trentieme lorſqu'on établiſſoit la cuve, & qu'enſuite on ne devoit jamais en rendre plus du ſoixantiéme, à moins d'accidens. Si on met donc de trois à quatre cens livres de paſtel pour établir la cuve, on ne doit pas mettre plus de dix à douze livres de chaux, lorſqu'elle commence à porter bleu; lorſqu'on lui en rend enſuite, pour conſolider & entretenir ſon action, on doit lui en rendre au plus cinq à ſix livres. Si tous les Artiſtes adoptoient cette proportion, & ſi, pour y réuſſir plus ſûrement, ils ne mettoient jamais la chaux dans leurs cuves, qu'après l'avoir exactement peſée, au-lieu de la jetter au haſard avec une ſebille de bois, ou avec l'inſtrument qu'ils appellent *tranchoir*, ils s'éviteroient pour jamais, & les accidens de la roideur ou du rebut, dont nous avons parlé plus haut, & celui de la putréfaction qui eſt toujours fâcheux, & qui apporte toujours du retard aux opérations, même lorſqu'il eſt le mieux réparé.

Tels ſont les derniers détails dans leſquels j'ai cru devoir entrer pour remonter aux dernieres ſources des accidens des

cuves. L'Académie desiroit que les Auteurs offrissent non-seulement une Analyse chimique de l'Indigo, mais encore des expériences qui découvrissent les causes, les remèdes, & les moyens même de prévenir ces accidens. Est-ce donc trop me flatter, que de croire que j'ai rempli ce triple objet aussi complétement qu'il étoit possible?

Ma seconde Partie contient de plus les loix les plus précises & les plus exactes pour appliquer l'Indigo avec succès à la teinture des soies, des cotons, & des laines : cette partie peut même être regardée comme un Art complet de la Teinture en bleu. Si à ces travaux, qui ont si directement la teinture pour objet, on joint les découvertes que j'ai données dans mon Analyse même de l'Indigo, le secret de faire percer infailliblement la teinture du bleu & du verd de Saxe, & de rendre ces deux couleurs de toute solidité, le moyen plus précieux encore de changer presque la nature de l'Indigo, & de l'augmenter réellement de qualité & de prix, en le dépouillant de la matiere extractive, j'espère qu'on m'accordera au moins l'avantage d'avoir offert des expériences aussi applicables qu'elles puissent l'être au succès & à l'avancement de l'Art de la teinture.

On aura lu, sans doute, avec au moins autant d'intérêt tous les changemens que j'ai proposés, pour reculer, s'il est possible, la ruine dont sont menacées nos Indigoteries; les nouveaux procédés que j'indique pour la culture de ces terreins, pour la conformation des pierres à Indigo, pour l'exportation de cette marchandise. Des objets d'une pareille importance, quand même ils ne seroient qu'ébauchés dans cet Ouvrage, sont bien faits pour captiver toute l'attention de Juges tels que ceux qui décideront ici de la Couronne; & si j'osois former quelqu'espérance, ce seroit sur-tout d'après l'importance & la singularité des sujets qui se sont présentés successivement sous ma plume.

FIN.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIRE.

FIG. I.ere *REPRÉSENTATION de la Sécherie.*

FIG. II. *Repréſente des Nègres occupés aux dernières manipulations de l'Indigoterie. L'un coupe l'Indigo dans ſa caiſſe à la grandeur de ſix pouces en quarré, & l'autre l'arrange dans une caiſſe conſtruite ſelon le nouveau projet. Derrière eux, eſt un rateau auquel ſont attachés les ſacs dans leſquels on laiſſe l'Indigo s'égoutter.*

FIG. III. *Plan géomètral & grandeur des différentes caiſſes.*

A. *Caiſſe où on coupe l'Indigo d'environ deux pouces quarrés.*

B. *Caiſſe de même grandeur, où l'Indigo eſt coupé de ſix pouces en quarré.*

C. *Caiſſe dans laquelle on propoſe d'exporter l'Indigo.*

PLANCHE II.

FIG. I.ere *Repréſente l'attelier de la teinture en ſoie.*

A. *L'Ouvrier qui plonge les mateaux dans la teinture.*

B. *Ouvrier qui évante les ſoies & les agite au ſortir de la cuve.*

C. *Ouvrier qui tord un mateau ſur l'eſpart.*

FIG. II. *Repréſente une cuve & ſa coupe.*

A. *Le fourneau avec la cuve & le tuyaux, pour l'évaporation du charbon : le fond de la cuve eſt ponctué.*

B. *La coupe du fourneau.*

C. *La cuve.*

D. *La bouche du fourneau.*

E. *Tuyau pour l'évaporation du charbon.*

F. *Le rable.*

G. *Le couvercle de la cuve.*

PLANCHE III.

FIG. I.ere *Repréſente l'attelier de la teinture en coton.*

A. *L'Ouvrier qui teint & retourne ſucceſſivement chaque pente de coton.*

B. *Ouvrier qui tord le coton au-deſſus des cuves au nombre de cinq : au-deſſus de chacune eſt une canelle, & au-deſſus de chaque canelle eſt un crochet pour ſoutenir la pente qu'on tord.*

FIG. II. *Coupe de l'élévation des cuves au nombre de cinq.*

FIG. III. *Plan géomètral des cinq cuves.*

PLANCHE IV.

Plan géomètral de l'attelier de la Teinture en laine.

N.os 1. *L'attelier des deux chaudières, l'une pour le noir & l'autre pour le bleu.*

2. *Entrée de l'attelier.*

3. *Grande chaudière pour le noir.*

4. *Chaudière pour le bleu.*

5. *Moulin pour moudre l'Indigo.*

6. *Pompe pour donner de l'eau aux chaudières.*

7. 7. 7. *Eſcalier pour deſcendre aux fourneaux.*

8. 8. *Bouche des fourneaux.*

9. *Paſſage des deux marches pour aller au Magaſin du bois ou bûcher.*

10. *Porte chartière pour l'approviſionnement du bois dans le bûcher.*

11. *Entrée de l'attelier aux cuves.*

N.os 12. *Ouverture ou demi-fenêtre au gros mur, pour passer la chaînée des chaudières aux cuves.*

13. 14. 15. & 16. *Les quatre cuves.*

PLANCHE V.

FIG. I.ere *Coupe prise sur la ligne ponctuée au plan géométral Planche IV.e, & indiquée* J. K.

N.os 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *La bouche du fourneau.*

3. *La grande chaudière pour le noir.*

4. *Intérieur du fourneau.*

5. *La pompe.*

6. *Les Pompiers.*

7. *Escalier qui descend à la bouche des fourneaux.*

8. *La cheminée du fourneau de la chaudière pour le noir, de la chaudière pour le bleu.*

9. *Fenêtre.*

10. *Porte de dégagement.*

11. *Porte pour entrer dans l'attelier aux quatre cuves.*

12. *Ouverture ou demi-fenêtre pour passer la chaînée de la chaudière aux cuves.*

FIG. II. *Coupe prise sur la ligne* L. M *indiquée au plan géométral.*

N.os 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *La bouche du fourneau.*

3. *L'intérieur du fourneau.*

4. *La chaudiere pour le bleu.*

5. *Le passage qui sépare l'attelier d'avec le Magasin au bois, & qui va au fourneau.*

6. *La pompe.*

7. *Le puit de la pompe.*

N.os 8. *La cheminée de la chaudière pour le bleu.*

9. *Fenêtre.*

10. *Porte de dégagement.*

11. *Porte d'entrée de l'attelier des quatre cuves.*

12. *Ouverture ou demi-fenêtre pour paſſer la chaînée de la chaudière aux cuves.*

PLANCHE VI.

Coupe priſe ſur la ligne ABCDEFGH *indiquée au plan géomètral.*

N.os 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *L'intérieur du fourneau.*

3. *La chaudière pour le noir.*

4. *La chaudière pour le bleu.*

5. *L'intérieur du fourneau.*

6. *Ouverture ou demi-fenêtre pour paſſer la chaînée des chaudières aux cuves.*

7. *Fenêtre de l'attelier aux cuves.*

8. 8. *Intérieur des fenêtres.*

9. 9. *Extérieur des cheminées de la chaudière pour le noir, & de celle pour le bleu.*

10. *Porte qui va à l'eſcalier qui conduit aux fourneaux, & au magaſin au bois.*

11. *Attelier des cuves.*

12 & 13. *Cuves.*

PLANCHE VII.

FIG. I.ere *Le moulin où deux Ouvriers ſont à moudre l'Indigo.*

FIG. II. *Les détails du moulin.*

A. *Coupe du moulin.*

B. *La meule mobile du moulin de pierre meulière.*

C. *Le fond du moulin de même pierre. Dans le milieu eſt*

l'arbre perpendiculaire qui ſert à faire mouvoir la meule, lequel arbre eſt quarré par le bas.

D. *La meule vue en-deſſus avec ſes deux anſes.*

E. *Plan du moulin.*

F. *L'arbre de la meule avec ſon tenon qui ſe ſcelle dans la muraille.*

PLANCHE VIII.

Repréſentant tous les outils propres aux manipulations des Teinturiers en laine.

FIG. I.ere *Le jet vu de face vers le milieu de ſon manche; il eſt entouré de cordes, afin de ne point uſer la chaudière ſur laquelle il frotte journellement; au bout oppoſé à la cuiller, eſt une maſſe de plomb pour faciliter l'Ouvrier.*

FIG. II. *Le même jet vu de profil.*

FIG. III. *La chaînée avec ſa planche pour contenir l'eau du bain pendant le ravalement.*

FIG. IV. *Le Rable.*

FIG. V. *La planche de la chaînée ſeule.*

FIG. VI. *Plan géométral du pied droit.*

FIG. VII. *Pied droit vu de face avec ſon crochet & ſon tenon de fer.*

FIG. VIII. *Le bois ſeul du pied droit ſans ſon crochet.*

FIG. IX. *Le crochet de fer du pied droit ſeul pour faire voir ſa conſtruction.*

FIG. X. *Pied droit dans ſa ſituation, relativement à la* FIG. XI.

FIG. XI. *Le Tour dans ſa ſituation, relativement au pied droit,* FIG. X.

FIG. XII. *Le Tour vu de face, avec ſes bâtons paſſés dans les anneaux pour faire tourner le crochet. Ces bâtons ſont*

ponctués en leur place à la Fig. XI. *Les pieds de ces outils doivent entrer en terre de quatre pouces par le bas, comme on le voit à la ligne de terre* AB.

Fig. XIII. *Le manche du crochet.*

Fig. XIV. *Le crochet complet.*

Fig. XV. *Le crochet vu de face.*

Fig. XVI. *Le crochet vu postérieurement.*

Fig. XVII. *Le tranchoir avec lequel on donne la chaux.*

Planche IX.

Fig. I.ere *Représente la cuve; d'un de ses côtés* A, *est le pied droit qui descend en terre de quatre pouces, comme je l'ai dit, ci-dessus, à la ligne de terre dans une pierre quarrée où l'on a creusé un quarré long. Voy.* Fig. III. N.° B *est le plan géomètral de cette pierre:* N.° C *indique la coupe perpendiculaire.*

A la Fig. I. , N.° B, *est l'Ouvrier qui tourne le moulinet, nommé Tour, pour tordre le drap; il faut observer que le pied* K, *de cet outil, entre en terre de quatre pouces aussi, dans une pierre pareille à celle dont je viens de parler.*

Fig. II.e *Est la coupe de la cuve pour faire voir la champagne, qui est un cercle de fer, dont le fond est un filet de cordes pour supporter le drap, & pour qu'il ne touche point au fond de la cuve; cette champagne est suspendue par des cordes autour de l'extérieur de la cuve. Voy.* Fig. I.ere & Fig. III.e.

Fig. III. *Est l'ouvrier qui retourne l'étoffe dans la cuve, avec ses deux petits crochets, dont le détail est en grand* Pl. VIII, Fig. XIV.

MÉMOIRE

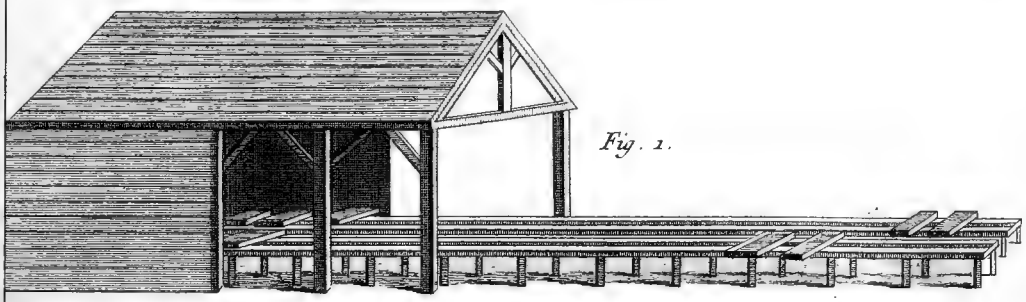


Fig. 1.

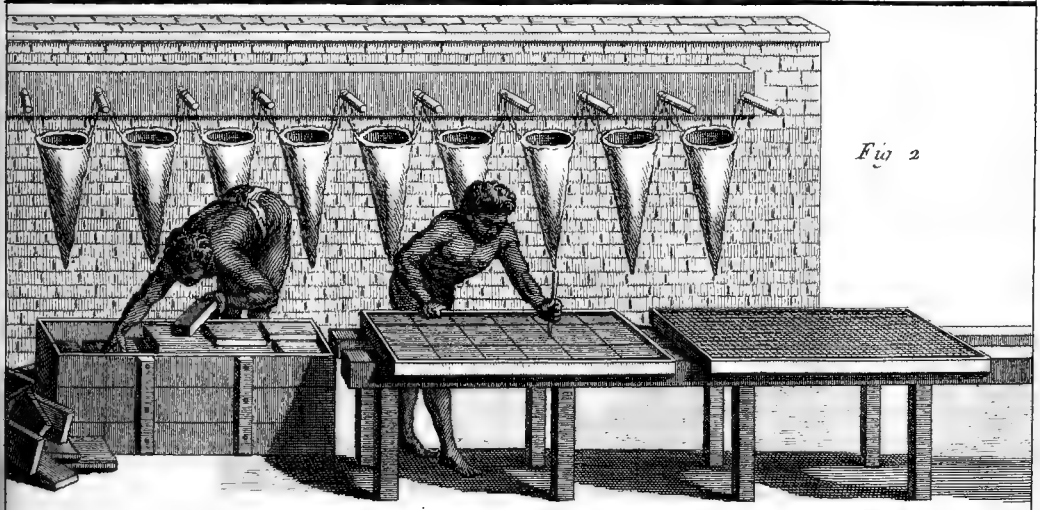
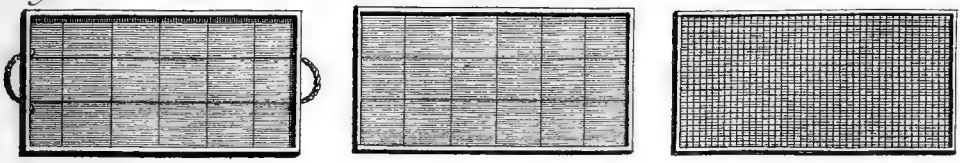
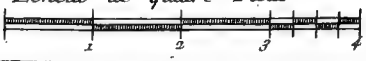


Fig 2

Fig. 3. A B C



Echelle de quatre Pieds



Fossier Del.

Cne Haussard Sculp

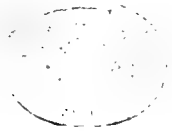


Fig. 1.

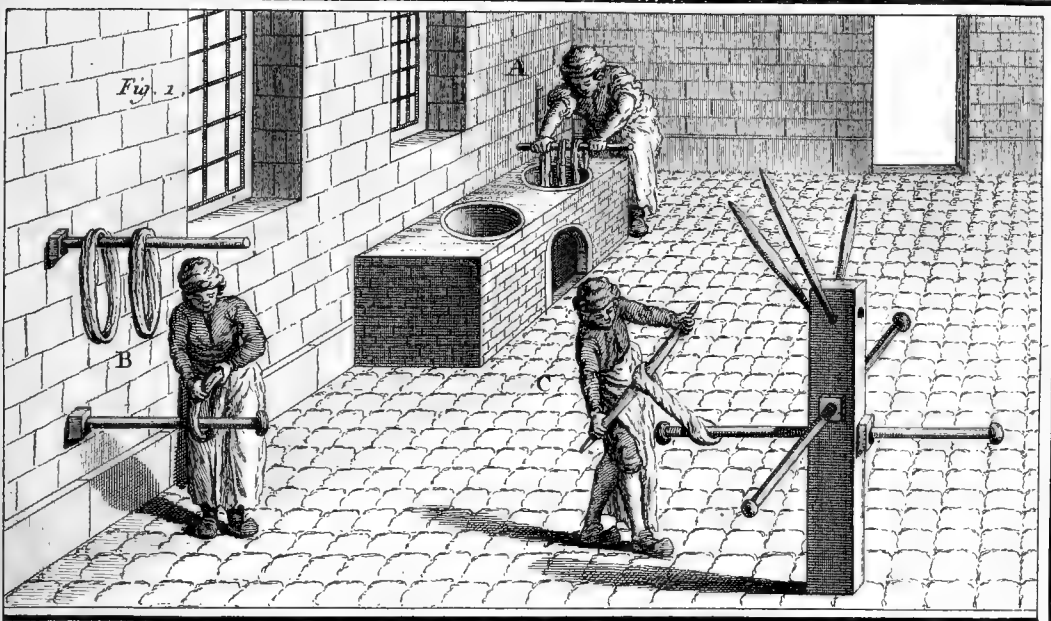
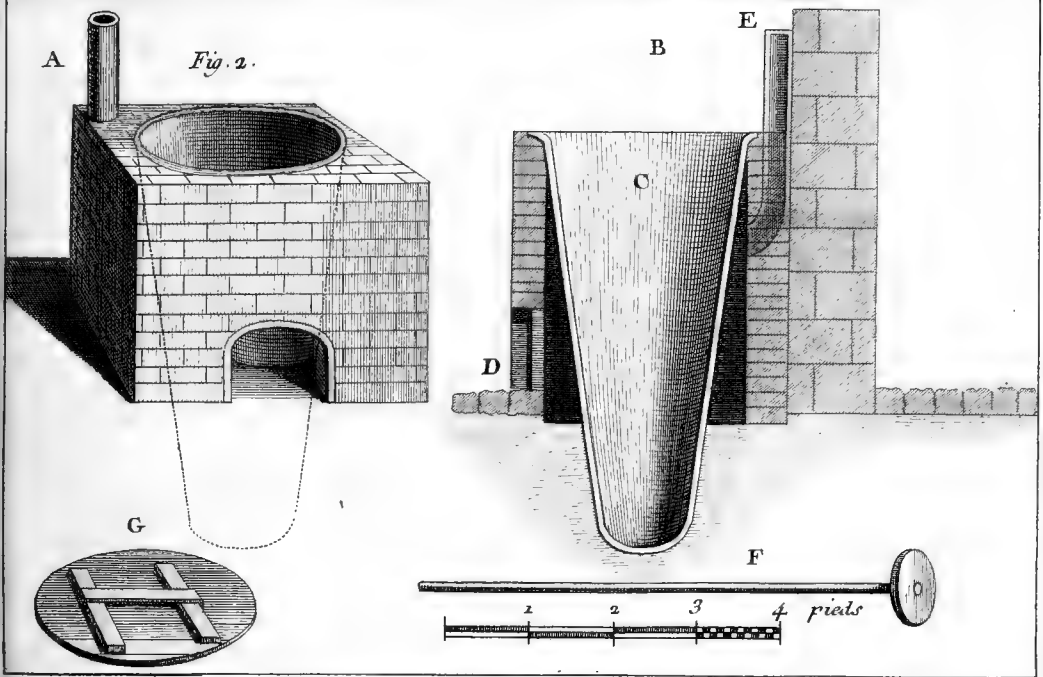
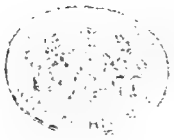


Fig. 2.



Fessier Del.

Cne Haussard Sculp.



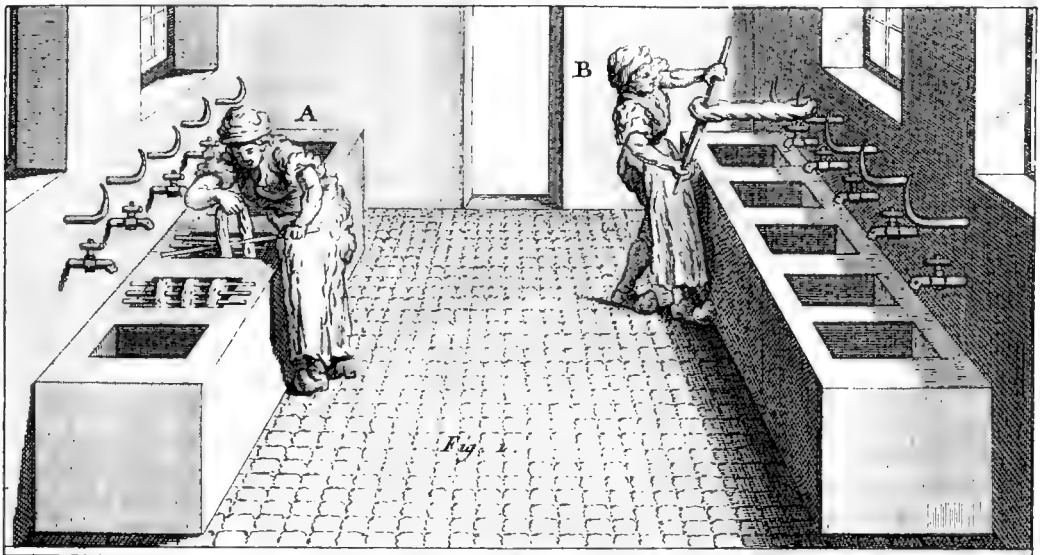


Fig. 1.

Fig. 2

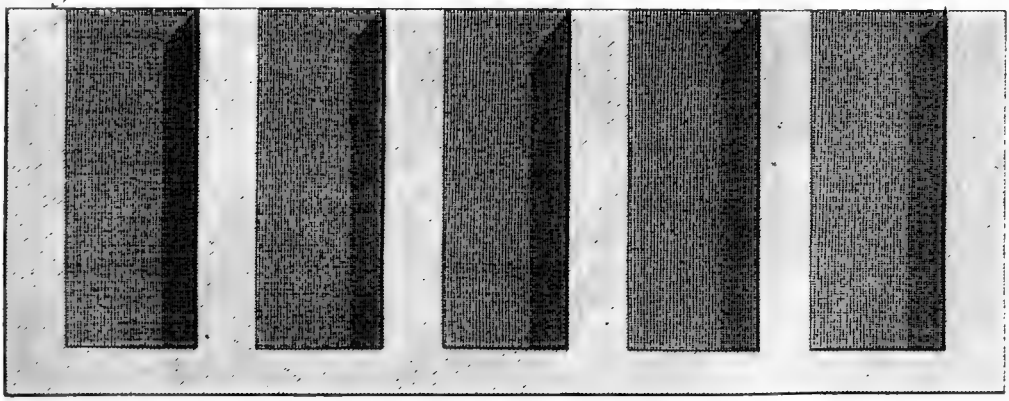
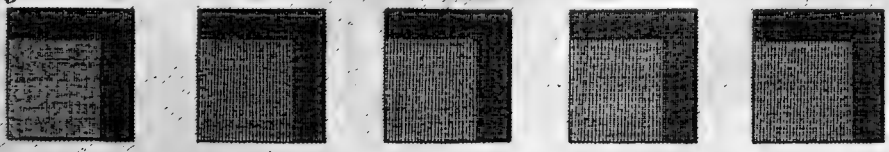
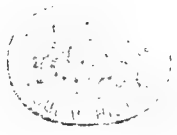
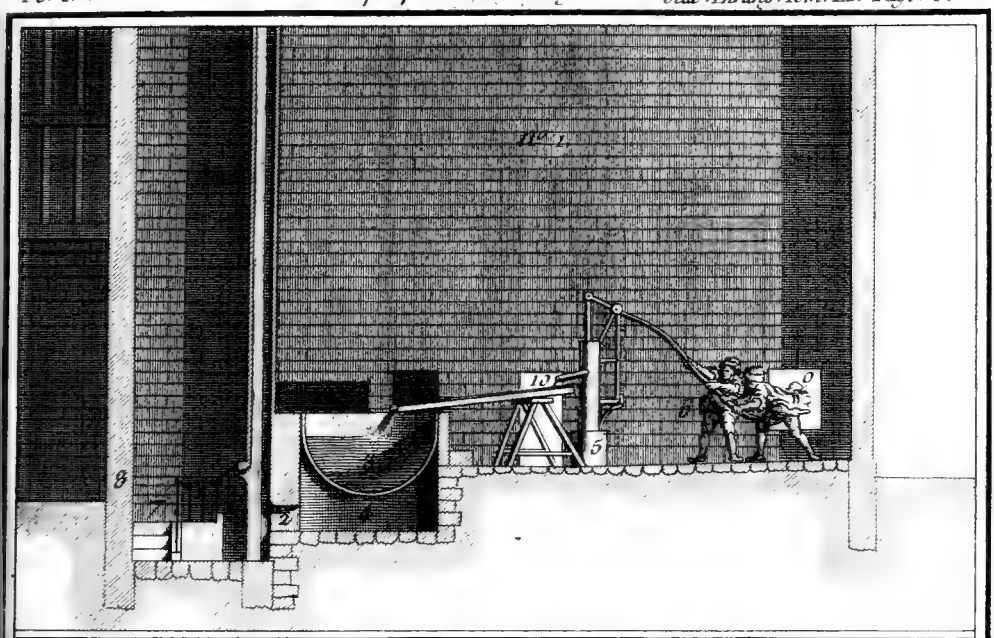


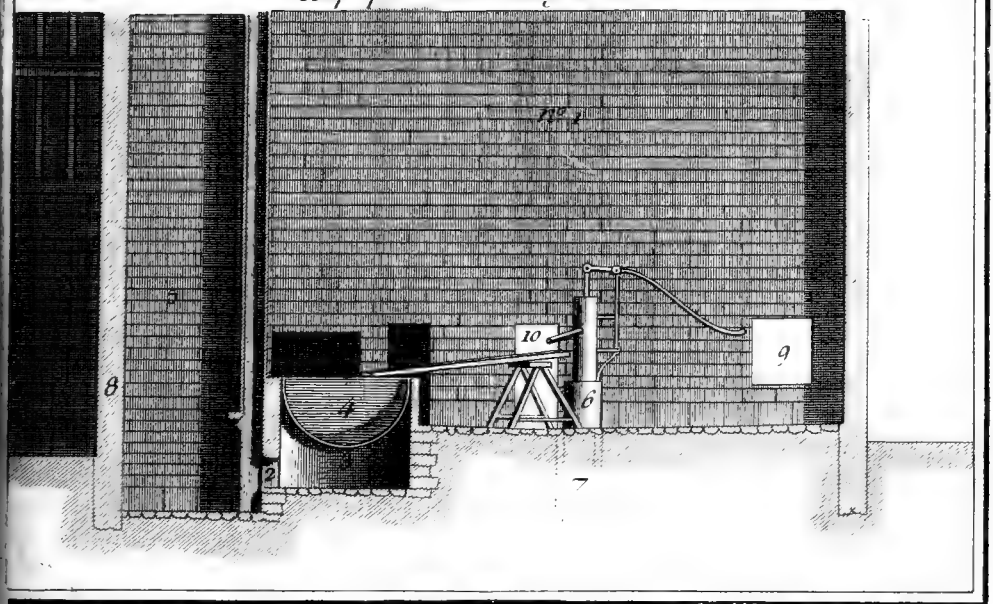
Fig. 3.



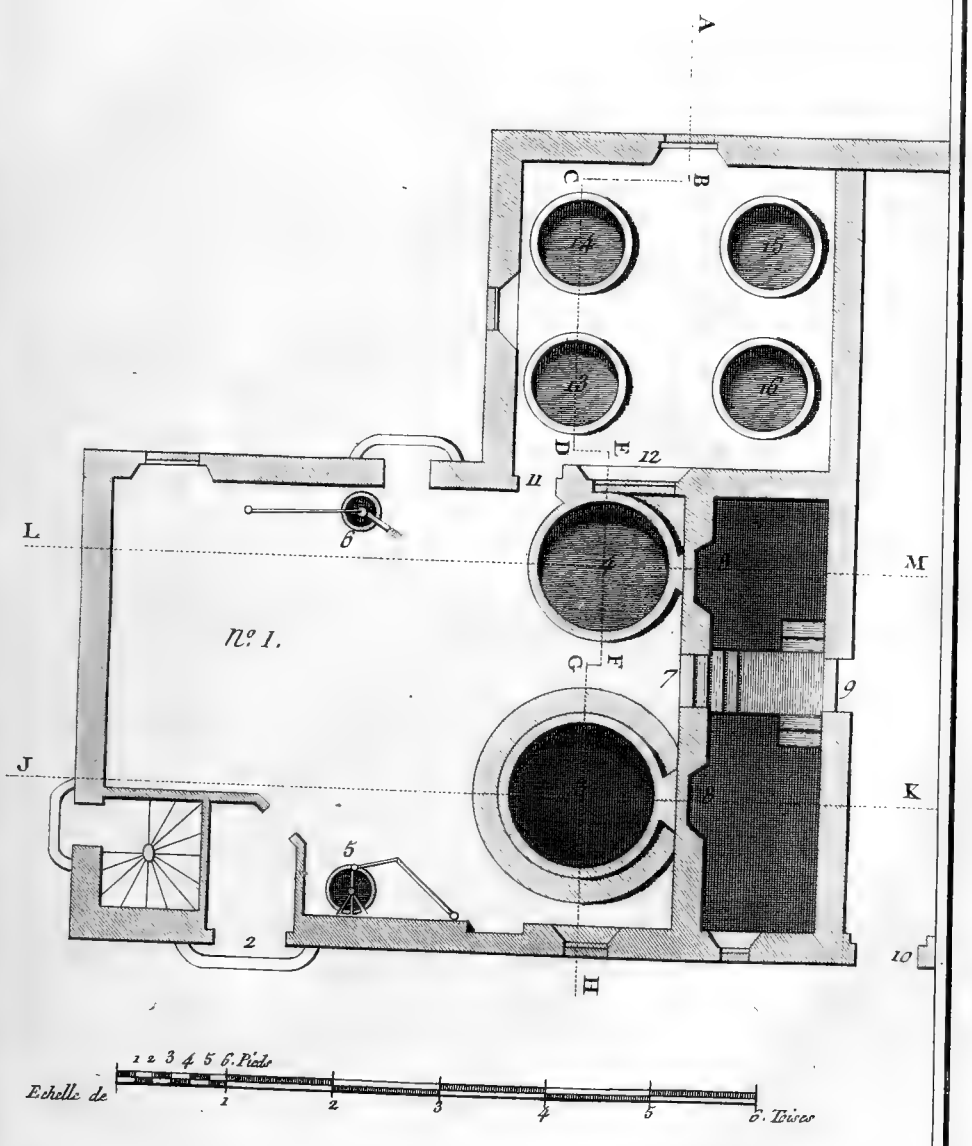




Coupe prise sur la Ligne L M.

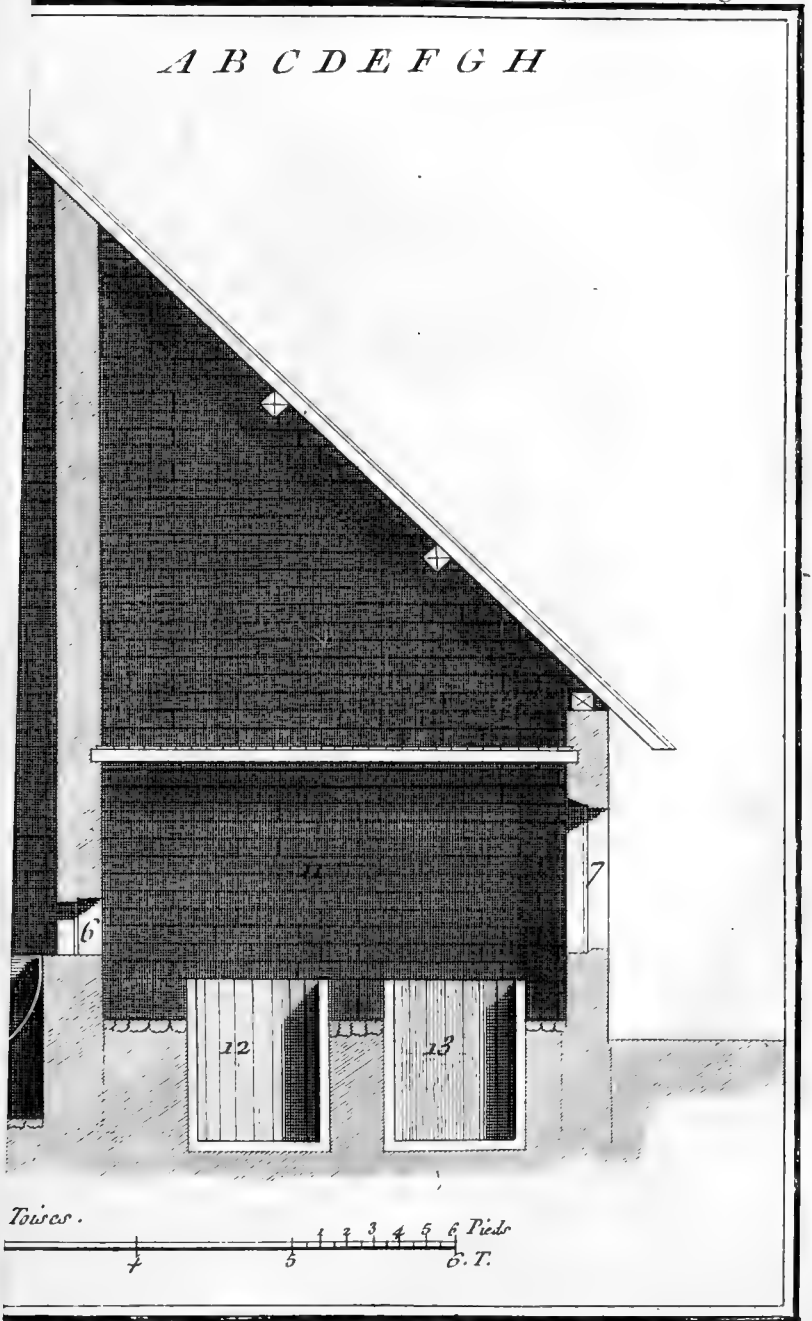


Cossnar del. Cpe Haussard Sculp.



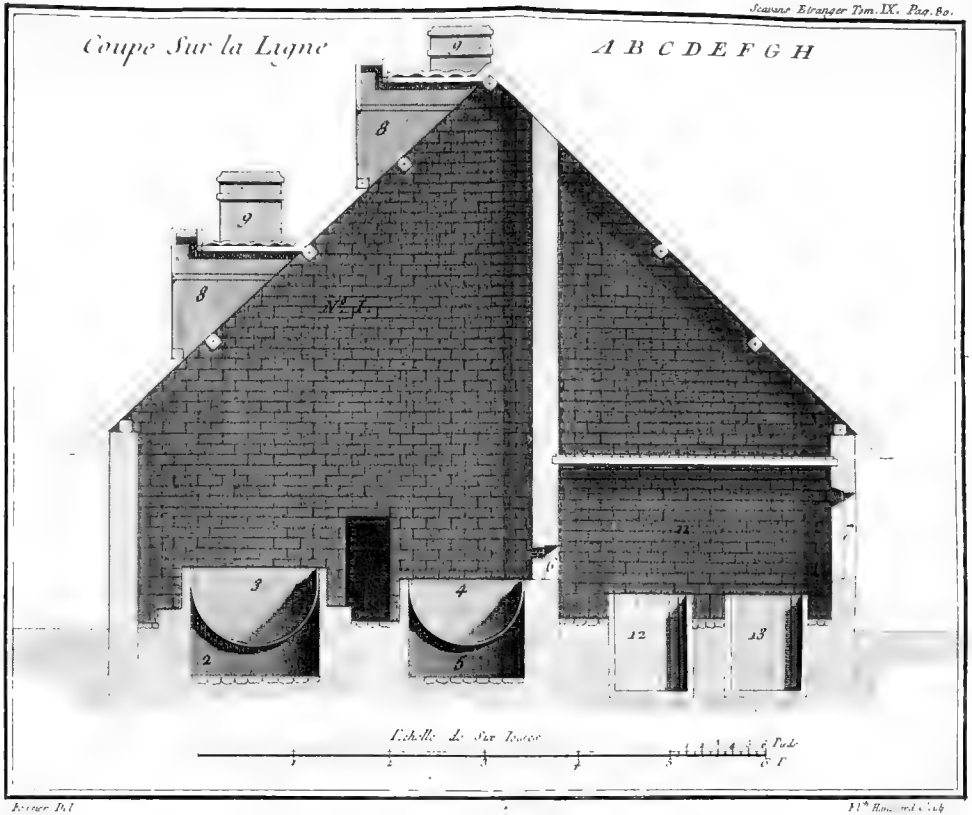
Tossier del.

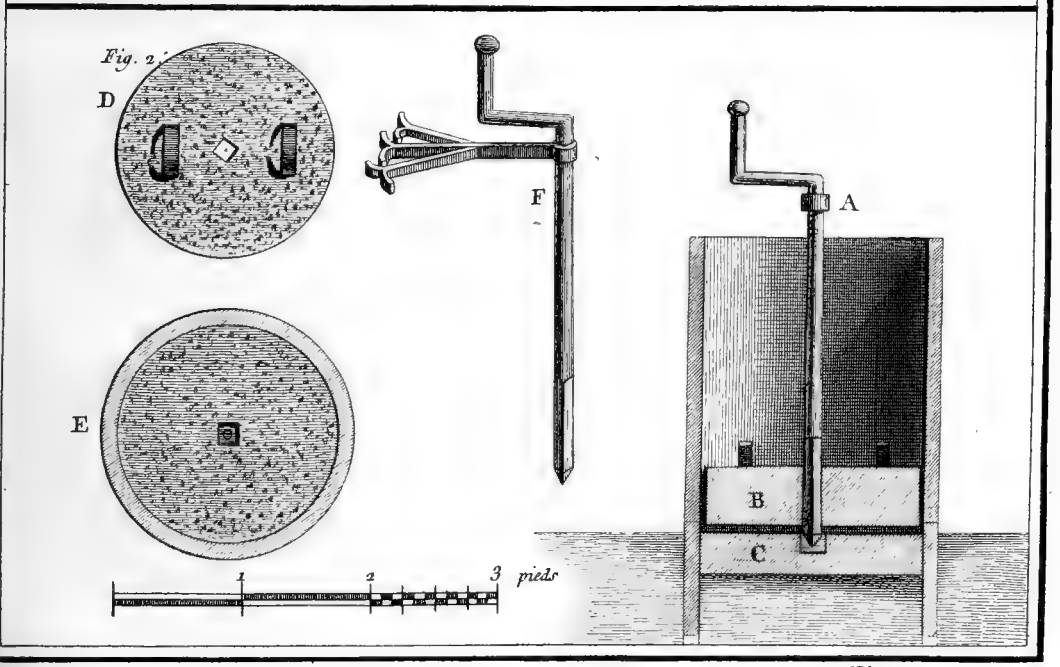
Cre Huouard Sculp



El.th Haussard Sculp.

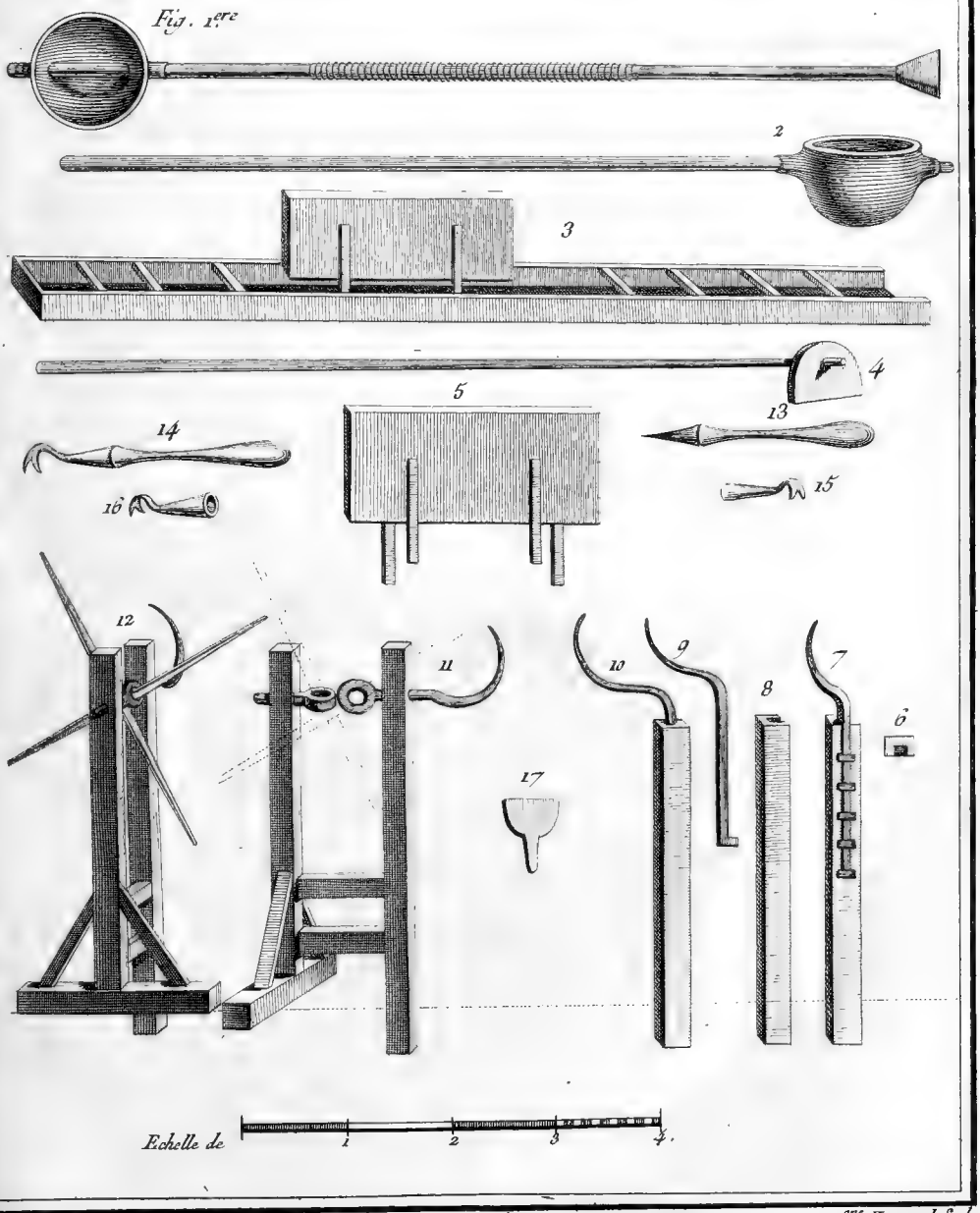
Scavans Etranger Tom. IX. Pag. 80.





Fossier Del.

Cne Haussard Sculp.



Fessier del. Cne Haussard Sculp.

Fig. 1er.

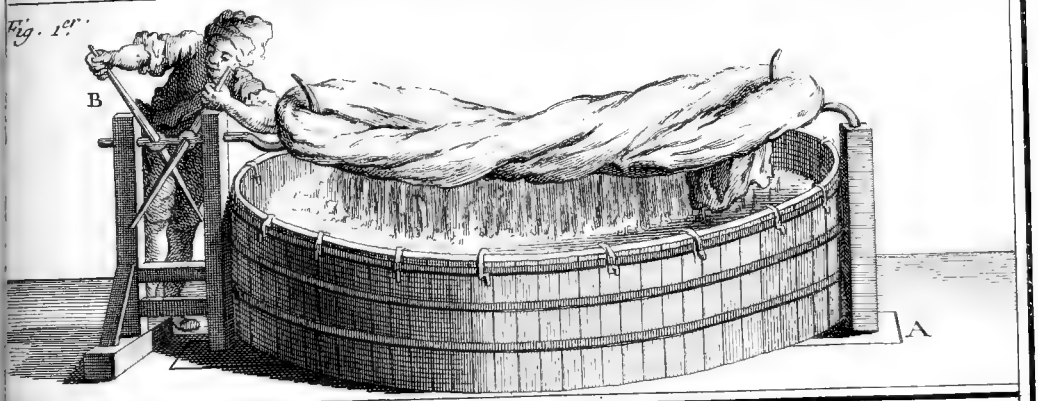


Fig. 2.

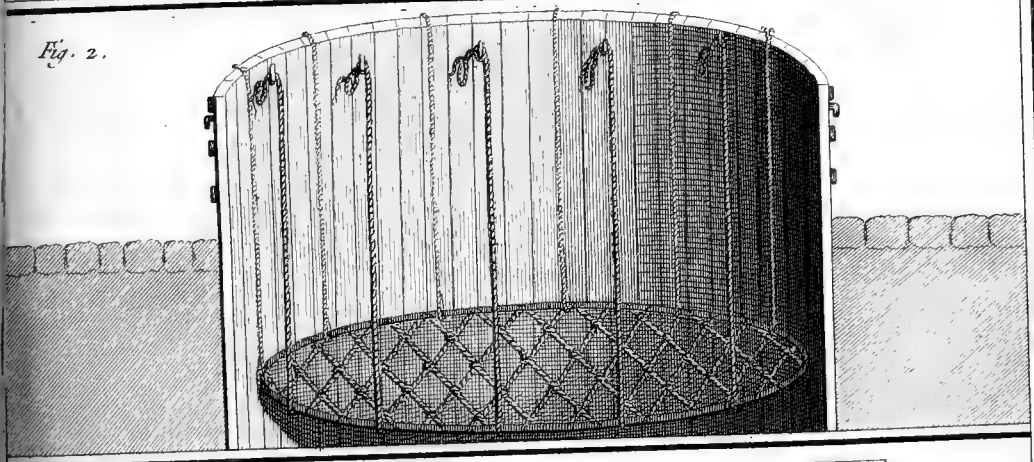
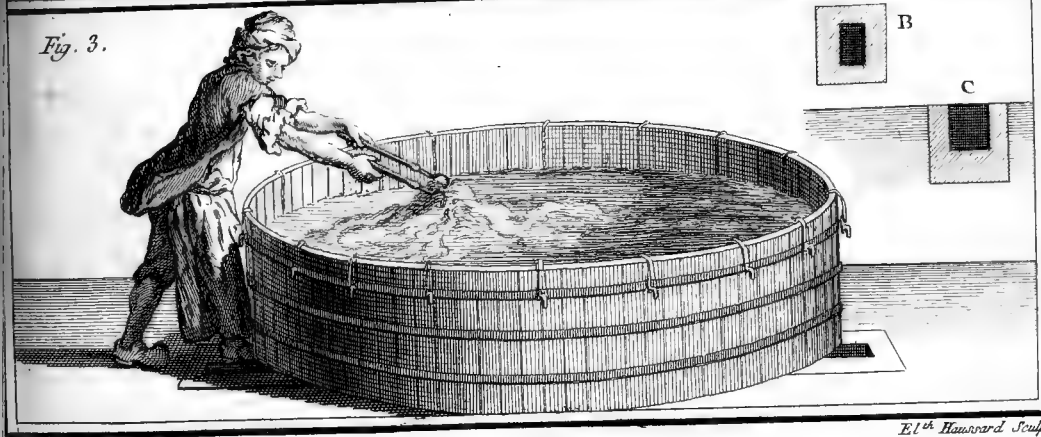


Fig. 3.



Fossier del.

El.th Haussard Sculp

MÉMOIRE

SUR

L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE,

POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

PAR MM. HECQUET d'ORVAL, Entrepreneur d'une Manufacture de Moquette, à Abbevillede, & RIBAUCOUR, Apothicaire de la même Ville.

MÉMOIRE
SUR
L'INDIGO.

Felix qui potuit rerum cognoſcere cauſas. *Virg. Georg.*

L'Indigo eſt une fécule qu'on extrait de l'Anil dans les Indes Occidentales par un procédé que nous décrirons plus loin.

On en diſtingue pluſieurs eſpèces dans le Commerce, qui diffèrent eſſentiellement entr'elles, en raiſon du plus ou moins de parties colorantes qu'elles raſſemblent ſous le même volume donné : ſavoir, l'Indigo Guatimalo, dont le plus beau eſt connu ſous le nom *de Flore;* l'Indigo de Saint-Domingue, dont on diſtingue particulièrement deux ſortes, le Bleu, & le Cuivré; enfin la troiſième eſpèce, eſt celui de la Caroline.

Le flore eſt de tous les Indigos le plus beau; il porte un bleu vif; ſa pierre n'a point d'écorce, elle eſt de même couleur à ſa ſurface que dans ſon intérieur, petite, d'une texture rare, & ſpécifiquement plus légère que l'eau.

L'Indigo bleu eſt celui qui a le plus de rapport avec le flore; il en diffère en ce que ſon bleu eſt moins franc, tirant

plus ſur le marron; ſa pierre eſt plus groſſe, recouverte d'une écorce d'un bleu plus ardoiſé que l'intérieur, & ſa texture eſt un peu plus compacte. Il n'en eſt cependant pas moins encore ſpécifiquement plus léger que l'eau.

L'Indigo cuivré, prend ſon nom de la couleur du cuivre rouge, qu'il préſente dans ſa caſſure. Il porte une écorce comme le dernier, d'un bleu cependant encore plus ardoiſé; il eſt plus compact, & ſpécifiquement plus peſant que l'eau. L'Indigo de la Caroline eſt d'un bleu plus ardoiſé tant extérieurement qu'intérieurement.

Les ſignes extérieurs auxquels on reconnoît les différentes qualités d'Indigo, ſont donc, la couleur, la texture, & la peſanteur ſpécifique; mais le ſigne commun à tous, & qui diſtingue cette matière de toute autre ſubſtance bleue qu'on voudra lui ſubſtituer, eſt l'impreſſion cuivrée que laiſſe l'ongle en frottant ſa ſurface.

Nous ne nous étendrons pas ſur l'hiſtoire naturelle de l'Anil, elle eſt trop connue: Nous jeterons ſeulement un coup-d'œil rapide ſur la manière dont on en extrait l'Indigo. Les Réflexions que nous ferons ſur les différentes circonſtances de ce procédé, jeteront déjà quelques lumières ſur la nature de cette fécule, &, après avoir ouvert la voie à nos expériences, apuyeront les Concluſions que nous en aurons déduites. Elles nous indiqueront en même temps les moyens dont on pourroit ſe ſervir pour parvenir à extraire des végétaux de notre Climat de quoi ſuppléer à l'Indigo.

Préparation de l'Indigo.

« Pour faire cette fécule, dit *M. Hellot*, on a trois cu-
» ves l'une au-deſſus de l'autre en manière de caſcade; dans
» la première qu'on appelle *trempoire*, ou *pourriture*, &
» qu'on remplit d'eau, on met la plante chargée de ſes feuil-
» les, de ſon écorce & de ſes fleurs; au bout de quelque
» temps le tout fermente, l'eau s'echauffe & bouillonne,

» s'épaiſſit, & devient d'une couleur bleue tirant ſur le vio-
» let; pour lors on ouvre les robinets de la trempoire, &
» l'on en fait ſortir l'eau chargée de toute la ſubſtance colo-
» rante de la plante: dans la ſeconde cuve appelée *la Batte-*
» *rie*, parce qu'on y bat cette eau avec un Moulin à palettes,
» pour condenſer la ſubſtance de l'Indigo, & la précipiter
» au fond; on ouvre les robinets de cette Cuve, pour en
» faire écouler l'eau juſqu'à la ſuperficie de la fécule bleue;
» après quoi, on ouvre d'autres robinets qui ſont au plus bas,
» afin que toute la fécule tombe au fond de la troiſième
» cuve, appelée repoſoir, parce que c'eſt là où l'Indigo ſe
» repoſe & ſe deſſéche. »

Dans cette opération, la plante miſe dans la trempoire, y éprouve un mouvement de fermentation ſi conſidérable, que l'eau s'échauffe & bouillonne; les parties muqueuſes ſont détruites; il ſe développe un acide, qui, devenant le conducteur & l'accélerateur de la fermentation, la mène juſqu'à la putréfaction; à ce moment ſe forment les alkalis volatils, qui, s'uniſſant à l'acide, produiſent des ſels ammoniacaux; les réſines ſe décompoſent en partie; leurs débris chargés de la partie colorante, qu'elles ont juſqu'alors défendue de la putréfaction, ſe dépoſent avec un peu de la terre du végétal: quant à la partie colorante jaune dont la réunion avec le bleu formoit le verd dans la plante, elle eſt détruite, parce qu'elle étoit unie à la partie muqueuſe. Le point eſſentiel eſt d'arrêter à propos cette fermentation; ſi l'on ne la laiſſe pas aller aſſez loin, la réſine n'eſt pas aſſez décompoſée; l'aggrégation des autres ſubſtances à la terre n'étant pas rompue, empêche cette dernière de ſe précipiter; ſi on la laiſſe aller trop loin, alors la putréfaction étant complète la partie colorante, la réſine ſeront détruites. C'eſt ce qui ſera évidemment démontré dans la ſuite de ce Mémoire.

Des réflexions que nous venons de faire ſur le procédé de la préparation de l'Indigo, nous concluons que c'eſt une fécule compoſée d'une ſubſtance réſineuſe, en partie décom-

posée, que nous nommerons oléo-réſineuſe, ſervant de véhicule à la partie colorante, d'une terre, de ſels amoniacaux, & de quelques parties extractives qui ont echappé à la putréfaction, ce que les expériences ſuivantes vont prouver.

Première Expérience.

On s'assurera facilement de l'exiſtence des ſels ammoniacaux; il ſuffit de broyer l'Indigo avec la chaux pour en dégager abondamment l'alkali volatil.

Deuxième Expérience.

L'Indigo mis ſur les charbons ardens, brûle avec une flamme très-vive, accompagnée de fumée & de ſuie, & laiſſe un réſidu charbonneux fort conſidérable. Quatre onces ainſi brûlées, ont laiſſé deux onces trois gros & demi de charbon, qui a fourni cinq gros & demi dix grains de cendres, d'où nous avons extrait vingt-huit grains de tartre vitriolé, & pas un atome d'alkali fixe.

Troſième Expérience.

Quatre onces d'Indigo diſtillées dans une cornue, ont donné, une once trente-neuf grains d'alkali volatil en liqueur, un gros quatorze grains d'huile Enepyreumatique, & la même quantité de charbon, de cendre, & de tartre vitriolé que ci-deſſus. Nous obſerverons que l'incinération parfaite de ce charbon eſt très-longue.

Quatrième Expérience.

Quatorze onces trois gros Indigo flore, bouilli dans une fort grande quantité d'eau, ont fourni, par le filtre, une liqueur de couleur fauve foncée, qui évaporée en conſiſtance requiſe, a donné un gros ſoixante grains d'extrait. L'Indigo

s'eſt trouvé peſer, après ſon exſiccation parfaite, treize onces ſix gros. Loin que ſa couleur ait ſouffert de cette opération, ſon bleu étoit au contraire infiniment plus beau, & preſque noir, tant il avoit d'intenſité.

La même quantité d'Indigo bleu a fourni ſix gros d'extrait, & l'Indigo ſéché peſoit treize onces un gros.

L'Indigo cuivré a fourni la même quantité d'extrait & s'eſt trouvé, après ſon exſiccation, du même poids que le précédent.

Quoique ce lavage ait ajouté à la beauté de ces trois eſpèces d'Indigo, il eſt cependant facile de les diſtinguer, ils conſervent le même ordre; le flore eſt d'un bleu plus franc, plus vif; le bleu eſt plus brun; le cuivré beaucoup plus encore.

En réfléchiſſant ſur cette Expérience, on obſerve que, ſoit que la fermentation que l'on emploie à Saint-Domingue pour préparer l'Indigo, ne ſoit pas pouſſée auſſi loin qu'on le fait à Guatimalo; ſoit que la partie extractive ſe trouve plus abondante dans l'Anil de Saint-Domingue, à raiſon peut-être du ſol ou du choix des parties de la plante, & du temps de la récolte; ſoit enfin que, pour toutes ces raiſons, la partie réſineuſe ſe trouve ou plus abondante, ou moins atténuée, il n'en paroîtra pas moins vrai de dire que c'eſt à ces différences qu'eſt dûe celle qui diſtingue ces trois eſpèces d'Indigo.

L'expérience, que nous venons de rapporter, éprouve de grandes difficultés dans ſa manipulation, à cauſe de la promptitude avec laquelle la matiere extractive entre en fermentation, & putréfie les filtres pour peu qu'elle y ſéjourne; la grande diviſion qu'acquiert une partie de l'Indigo pendant l'ébulition le mettant d'ailleurs en état de pénétrer dans les pores du filtre, & par-là s'oppoſer au paſſage de la liqueur, rend cette opération très-longue. Son importance nous a fait

chercher, & nous avons trouvé une méthode plus facile & plus prompte dont nous allons rendre compte.

Après avoir réduit en poudre & passé au tamis de soie, l'Indigo, nous l'avons fait bouillir pendant un quart d'heure dans quinze fois son poids d'eau, remuant continuellement avec une spatule, afin qu'il ne se brûlât pas au fond de la bassine; nous avons ensuite versé le tout dans une terrine, &, après l'avoir laissé refroidir, nous avons versé la liqueur qui surnageoit l'Indigo, sur une toile serrée; sitôt qu'elle fut passée, ce qui ne fut l'ouvrage que d'un instant, nous fîmes tomber sur la toile l'Indigo, & l'y laissâmes s'égoûter & sécher.

Cinquième Expérience.

L'ESPRIT-DE-VIN mis en digestion à chaud sur l'Indigo, en extrait une teinture pourpre très-foncée, qui laisse par l'évaporation spontanée, une substance de couleur marron, grasse au toucher, dont une partie se délaye plutôt qu'elle ne se dissout, dans l'eau, qu'elle rend laiteuse; l'autre partie reste au fond du vase, sous la forme d'une substance huileuse brune; cette teinture, qui est très-transparente, se trouble à mesure qu'elle s'évapore. La substance huileuse est en très-petite quantité, huit onces d'esprit-de-vin digérées à chaud & à plusieurs reprises sur une demi-once d'Indigo lavé, l'ont épuisé de maniere qu'il n'en coloroit plus de nouveau & cependant l'Indigo séché pesoit encore trois gros soixante-huit grains; cette grande quantité d'esprit-de-vin, ne lui avoit donc enlevé que quatre grains de substance. L'Indigo est encore sorti de cette expérience plus beau qu'il n'étoit auparavant.

Sixième Expérience.

L'ÉTHER VITRIOLIQUE, digéré à une très-douce chaleur sur l'Indigo, se colore de même en pourpre, il faut une prodigieuse quantité d'éther, encore n'avons-nous pu parvenir à

n'avoir

n'avoir plus de teinture. L'évaporation ſpontanée, laiſſe une ſubſtance oléo-réſineuſe brune, ſoluble en entier dans l'eſprit-de-vin. L'Indigo n'eſt nullement décoloré; &, après ſa deſſication, on trouve une quantité aſſez conſidérable de ſel ammoniacal qui s'eſt cryſtalliſé pêle-mêle avec lui en aiguilles auſſi blanches que brillantes & déliées.

Septième Expérience.

L'HUILE D'OLIVE ſe colore en rouge ſur l'Indigo; on la croiroit teinte par une médiocre quantité d'orcanette. Notre fécule ne reçoit encore aucune altération par cette Expérience.

Huitième Expérience.

L'ACIDE VITRIOLIQUE diſſout complétement l'Indigo, avec efferveſcence & chaleur, il s'en dégage une odeur d'acide ſulphureux-volatil.

Pour bien faire cette diſſolution, il faut mettre l'Indigo réduit en poudre, dans un vaſſe de verre ou de terre cuite, verſer deſſus une partie de l'acide, agitant continuellement le mêlange, continuer ainſi à verſer peu-à-peu le reſte de l'acide & laiſſer enfin repoſer, pendant vingt-quatre heures, cette diſſolution; nous verrons ailleurs la néceſſité d'attendre ainſi, avant d'employer cette diſſolution, & l'inconvénient qu'il y a auſſi à la garder plus long-tems; nous n'ôterons ici qu'un moyen de l'opérer plus promptement & plus ſûrement, c'eſt de mettre avec l'Indigo quelques gouttes d'une diſſolution déjà faite. L'huile de vitriol qu'on emploie, doit peſer le double du même volume d'eau, & la proportion de l'Indigo, avec elle, doit être d'un à huit, & ce doit être l'Indigo flore.

Neuvième Expérience.

SI l'on verſe de l'huile de tartre par défaillance, ſur trois

onces de la diſſolution ci-deſſus, étendue de deux livres d'eau, juſqu'à parfaite ſaturation de l'acide, il ſe fera un précipité, qui, recueilli ſur un filtre, paroîtra aſſez abondant, gras au toucher, d'un bleu très-foncé. La liqueur paſſera rouſſe. Si on verſe de l'eau ſur ce précipité pour le deſſaler, elle en entraînera une partie qui lui communiquera une couleur bleue très-brillante, mais qui, n'étant point véritablement diſſoute, ſe précipitera ſous ſa première forme. Ce précipité bien ſéché, ſe réduit à un très-petit volume; ſa ſurface eſt cuivrée. Si, dans cet état, on le délaie dans l'eau, elle paroîtra en diſſoudre une partie, & laiſſer l'autre ſous ſa première forme. L'eſprit-de-vin le diſſout en entier, & s'y colore du bleu le plus brillant. L'éthèr vitriolique y prend une légère teinte bleue, qui prouve que s'il ne le diſſout pas complétement, il en attaque au moins une partie. L'évaporation de la liqueur fournit du tartre vitriolé, & une fort grande quantité de ſel ammoniacal en aiguilles ſoyeuſes; enfin une eau mere-rouſſe. Si l'on verſe plus d'alkali fixe qu'il n'en faut pour ſaturer l'acide, alors on obtient d'autant moins de précipité qu'on a plus mis d'alkali; on n'en obtient enfin qu'une très-petite quantité, d'un roux ſale, ſi on a outre-paſſé de beaucoup le point de ſaturation, ce qui rend cette Expérience très-difficile à faire en petit, il faut alors ceſſer de verſer de l'alkali fixe auſſitôt qu'on approche du point de ſaturation, la liqueur ſera encore bleue & tranſparente; mais, en peu de tems, on verra ſe former le précipité, & la liqueur ſera devenue rouſſe. Si l'on ſaturoit parfaitement l'acide, le précipité pourroit être décoloré, mais ne verſa-t-on qu'une ſeule goutte d'alkali fixe de trop, il le ſeroit certainement.

Si au lieu de l'alkali végétal, on emploie celui de la ſoude, le précipité ſera beaucoup plus abondant, d'un bleu plus foncé & plus brillant, plus onctueux, très-difficile à ſécher, & très-cuivré. La liqueur ſera bleue. Si l'on verſe de l'eau ſur ce précipité, elle en ſortira bleue, comme dans l'Expérience ci-deſſus, & dépoſera de même en partie ſa cou-

leur. L'eſprit-de-vin, l'éthèr même qui avoit à peine effleuré le premier, diſſolveront celui-ci en entier, & s'y coloreront en bleu le plus brillant. Toutes ces propriétés caractériſent une ſubſtance de nature réſineuſe, & confirment ce que nous avons avancé de l'union de la partie colorante à une ſubſtance de cette nature, l'acide qui les avoit diſſoutes à la faveur de leur adhérence à la terre, les abandonne pour s'unir à l'alkali fixe qu'on lui préſente. L'évaporation de la liqueur donnera du ſel de glauber & le même ſel ammoniacal que ci-deſſus; il ſe dépoſera, pendant toute ſa durée dans l'une & l'autre opération, une ſubſtance terreuſe, d'un gris ſale dans la première, d'un bleu pâle dans celle-ci, & à raiſon de la couleur bleue que conſerve la liqueur, il reſtera une eau-mere bleue.

L'exiſtence de la terre, & celle des ſels ammoniacaux, eſt inconteſtablement prouvée par cette Expérience.

Nous y voyons auſſi que l'alkali de la ſoude, jouit, avec l'acide vitriolique, du privilége important de ne point altérer la couleur de l'Indigo. Il faut bien noter cette propriété de l'alkali minéral, elle nous conduira à une découverte intéreſſante. On ne riſque jamais ici de décolorer, comme ci-deſſus, le précipité par l'excès d'alkali, on peut, à cet égard, en mettre tant qu'on veut; mais on tombe dans un autre inconvénient, celui de réduire cette ſubſtance réſineuſe dans l'état ſavonneux, & d'en diminuer d'autant la précipitation; le peu qu'on en obtient, devient d'ailleurs ſoluble dans l'eau, à raiſon d'un peu d'alkali qu'il a retenu, car comme on le ſait, les précipités retiennent toujours une partie des ſubſtances précipitantes, & participent par conſéquent à leurs propriétés.

Nous avons dit que la ſurface de nos précipités étoit cuivrée, comme nous avons obſervé qu'ils n'ont cette couleur qu'à meſure qu'il ſe ſont raprochés en ſéchant, nous l'attribuons à l'intenſité de la partie colorante, qui n'eſt ici étendue

que par la ſubſtance réſineuſe, on croiroit être en droit de conclure de-là, que la couleur cuivrée doit diſtinguer le plus bel Indigo, comme le penſent pluſieurs Artiſtes; mais nous croyons au contraire, que cette couleur n'eſt dûe qu'au raprochement des parties, puiſque l'Indigo bleu cuivre lorſqu'on le frotte avec l'ongle, & que le plus cuivré, eſt auſſi le plus compact.

Dixième Expérience.

L'ACIDE NITREUX diſſout l'Indigo avec une efferveſcence des plus vives; il le décolore dès qu'il le touche; la diſſolution eſt pourpre. L'alkali fixe en précipite une ſubſtance terreuſe de couleur de rouille de fer, ſoluble avec efferveſcence, même par l'acide du vinaigre.

Onzième Expérience.

L'ACIDE MARIN, agit avec moins d'activité que le précédent; ſa diſſolution eſt pourpre; le précipité de même couleur que le précédent, eſt, comme lui, ſoluble par tous les acides.

Douzième Expérience.

L'ACIDE DU VINAIGRE, tenue en digeſtion à chaud, pendant douze heures, ſur l'Indigo, ne l'a point attaqué.

Treizième Expérience.

L'ALKALI FIXE VÉGÉTAL verſé ſur l'Indigo, en dégage à l'inſtant de l'alkali volatil, il ſe fait une efferveſcence conſidérable, qui, ſi on le tient en digeſtion à chaud, pendant trois heures, continue avec la même force; l'alkali fixe acquiert une couleur brune. Si l'on verſe ſur l'Indigo de nouvelle liqueur alkaline, elle s'y colore encore; mais à la troiſième fois elle n'en extrait plus rien. Ce menſtrue n'agit donc point

ſur cette fécule, il ne fait que s'y phlogiſtiquer; comme le prouve la diſſolution du vitriol de mars, avec laquelle il fait du bleu de Pruſſe, & décompoſe une partie des ſels ammoniacaux. On ſeroit tenté de croire, qu'en le laiſſant digérer plus long-temps, il pourroit attaquer l'Indigo; mais nous l'avons traité ainſi vainement pendant cinq jours.

Quatorzième Expérience.

Les ALKALIS cauſtique, marin & volatil, agiſſent de même; & l'Indigo eſt ſorti très-beau de toutes ces Expériences.

Quinzième Expérience.

Les SELS NEUTRES n'ont aucune action, & leurs ſolutions n'agiſſent que comme l'eau.

Seizième Expérience.

Si l'on met de l'eau ſur l'Indigo, & qu'on les laiſſe macérer à froid, elle ſe charge en peu de temps de ſes parties extractives & ſalines, acquiert une couleur rouſſe, une odeur fétide, & dans ce moment une couleur légèrement verdâtre. Après un temps très-conſidérable, (*huit mois*) l'odeur ſe diſſipe, & la liqueur redevient claire & ſans couleur, l'Indigo paroît noirâtre au premier aſpect & préſente quelques petits points blancs, qui annoncent que ſa partie colorante a ſouffert quelque altération; mais, en l'écraſant entre les doigts, le beau bleu dont il les colore, prouve que, s'il a ſouffert, ce n'eſt qu'à la ſurface qui touchoit immédiatement le liquide.

Dix-ſeptième Expérience.

Si on procède de même avec l'urine, alors, à meſure que ſa putréfaction produit de l'alkali volatil, la liqueur ſe colore en un verd que la chaux rend bleu.

Dix-huitième Expérience.

La fermentation spiritueuse n'a ni diſſout, ni altéré l'Indigo. La matière de cette fermentation fut la melaſſe.

Dix-neuvième Expérience.

Cette même fermentation pouſſée juſqu'à l'acide, n'a eu aucune action ſur lui.

Quant à la fermentation putride, nous verrons à l'article des cuves, qu'elle détruit abſolument ſa couleur, mais il faut que la putréfaction ſoit complète.

Il réſulte des Expériences ci-deſſus, que l'Indigo eſt compoſé d'une terre calcaire, à laquelle eſt unie une partie oléo-réſineuſe colorée en bleu, d'un peu de matière extractive, & de beaucoup de ſel ammoniacal, dont au moins partie a pour baſe l'acide vitriolique. Enfin, d'après les propriétés de cette fécule, il paroît qu'on peut parvenir à l'imiter. Il s'agit de trouver des végétaux dans leſquels la partie bleue ſoit abondante, unie à une partie réſineuſe, & la partie jaune au contraire aux parties muqueuſes; de détruire ces dernières, & décompoſer en partie la réſine colorée de bleu par un mouvement de fermentation putride arrêté à propos.

Conduit par ces idées, nous avons jeté les yeux ſur la claſſe des plantes crucifères, parmi leſquelles nous avons choiſi le raifort ſauvage, pour examiner qu'elle ſeroit ſa fécule. Nous avons empli de ces feuilles une petite cuve de bois, nous leur avons appliqué, dans les plus grandes chaleurs de cet Été, le procédé décrit pour l'extraction de l'Indigo, & nous avons obtenu une fécule verte, qui, étant ſéche, avoit, à la couleur près, beaucoup de reſſemblance avec l'Indigo, cuivroit comme lui ſous l'ongle, ſe diſſolvoit avec efferveſcence dans les acides vitrioliques & nitreux, mais ne différoit eſſentiellement en ce qu'elle ſe diſſolvoit pour la plus grande

partie dans l'eſprit-de-vin qu'elle coloroit d'ailleurs en verd. En répétant le même procédé, & laiſſant aller la fermentation plus loin, nous avons eu une fécule plus terreuſe quoique toujours verte, & encore ſoluble dans l'eſprit-de-vin: ce qui nous a fait penſer que les deux parties colorantes étoient également unies à la réſine.

Les différentes Expériences faites ſur l'Indigo, dont nous venons de rendre compte, en développant ſa nature, font auſſi connoître combien il eſt difficile de diſſoudre cette fécule en entier, & de conſerver en même tems ſa couleur; l'eau *(Expérience XVII)*, n'en diſſout que la partie extractive qui a échapé à la fermentation lors de la préparation; l'eſprit-de-vin *(Expérience V)*, l'éthèr *(Expérience VI)*, & les huiles *(Expérience VII)*, n'en extraient qu'un peu de partie réſineuſe; l'acide nitreux *(Expérience X)*, diſſout l'Indigo en entier, mais il en détruit toute la couleur; l'acide marin *(Expérince XI)*, a la même action; l'acide végétal *(Expérience XII)*, n'en a aucune; l'acide vitriolique eſt donc le ſeul qui le diſſolve parfaitement & ſans l'altérer *(Expérience VIII)*. Cette diſſolution étendue dans l'eau, donne une teinture diaphane, d'un bleu élégant, & les matières qu'on y veut teindre n'exigent aucune préparation antécédente, il ſuffit de les avoir fait bouillir dans l'eau pour en dilater les pores; après cette préparation commune à toute les teintures, on les plonge dans le bain que l'on a chargé d'une quantité de diſſolution d'Indigo proportionnelle à la nuance de bleu qu'on veut obtenir; elles s'y teignent d'un bleu très-agréable, mais auſſi, peu ſolide, connu ſous le nom de bleu de Saxe. L'état ſalin, ſous lequel eſt l'Indigo dans cette teinture, la rend d'autant plus ſuſceptible de l'impreſſion de l'air, que cette eſpèce de ſel eſt avec excès d'acide: auſſi obſerve-t-on dans la pratique, que ſi l'on emploie cette diſſolution immédiatement après qu'elle eſt faite, le bleu qui en réſulte eſt plus vif, mais en même-tems moins ſolide; l'union que l'acide vitriolique vient de former avec l'Indigo étant encore

toute récente, cet acide n'eſt point autant engagé dans cette fécule, que lorſque la diſſolution a repoſé quelque tems; il en conſerve d'autant plus ſon affinité avec l'eau, & il n'eſt pas rare de voir des matières teintes avec une diſſolution trop récemment faite, perdre, en ſéchant, une partie de leur couleur. C'eſt à l'occaſion de cette teinture qu'il eſt particulièrement vrai de dire avec *M. Hellot,* que l'action du froid ſur les matières qui viennent d'être teintes, eſt une des cauſes qui contribuent à fixer la coleur; la particule ſaline colorante eſt ici à un tel point de ténuité qu'elle eſt, pour ainſi dire, vacillante dans le pore qu'elle occupe tant que les matières teintes ſont encore chaudes; ſi l'on n'a pas l'attention de les jeter dans l'eau froide, ou de les éventer rapidement immédiatement au ſortir du bain teignant, la couleur s'élave, & l'étoffe ſera ondée.

Il eſt aiſé d'après ces obſervations d'apprécier le peu de ſolidité de cette teinture, & l'on ne doit point ſe flatter de la fixer & lui conſerver en même-tems ſon éclat; pour y réuſſir, il faudroit, après la teinture faite, neutraliſer l'acide qui eſt uni à l'Indigo; ce ſeroit faire à grands frais le bleu ſolide connu dans le Commerce ſous le nom *de bleu de cuve,* & il auroit encore moins d'éclat que ce dernier. Nous avons cependant fait cette Expérience, nous avons trempé dans une légère leſſive d'alkali fixe végétal, des laines teintes en bleu de Saxe, la couleur en perdant ſon éclat, eſt devenue plus ſolide, le bleu a pris un ton ardoiſé qui le rapprochoit du bleu de cuve.

S'il eſt important de ne point employer la diſſolution d'Indigo immédiatement après qu'elle eſt faite, il ne l'eſt pas moins de ne point trop la laiſſer vieillir; avec le tems, l'acide vitriolique, par ſon action continuée ſur la partie colorante, en détruit une partie, & fait verdoyer l'autre en ſe phlogiſtiquant aux dépens de la première. Nous pouvons aſſurer, avec vérité, que ſi l'on ne ſe ſert de cette diſſolution que quinze jours après qu'elle eſt faite, il en faudra un quart de

plus

plus pour produire le même ton de couleur; encore ſera-t-elle moins vive que ſi la diſſolution n'avoit que deux jours. Ce n'eſt point ſeulement dans la diſſolution que l'acide agit ſur la partie colorante, dans le bain même où l'on teint, ſi l'on fait bouillir trop, ou trop long-tems, le bleu au lieu d'augmenter, baiſſera de nuance & verdoyera.

Il n'y a point à regretter que les autres acides n'aient point ſur l'Indigo la même action que l'acide vitriolique; car quand plus heureux, ou plus induſtrieux que nous, quelqu'un parviendroit à le diſſoudre dans l'acide du vinaigre, cette diſſolution eût-elle le même éclat que celle faite par l'acide vitriolique, la teinture qui en réſulteroit, n'en ſeroit pas plus ſolide. L'alkali volatil fournit un diſſolvant bien plus parfait; comme l'acide vitriolique, il diſſout complétement l'Indigo; comme lui, il porte la molécule colorante qu'il tient en diſſolution, dans le pore de la matière que l'on teint: mais il ne conſerve d'union avec elle, que le temps néceſſaire pour l'affermir dans le pore où il vient de l'introduire, il la quitte bientôt après, & la rend à ſon premier état d'indiſſolubilité; c'eſt-à-dire, que l'eau, les acides, les huiles, n'ont plus d'action ſur elle. Mais le moyen d'opérer cette diſſolution, n'eſt point un moyen ſimple; car, comme nous l'avons vu, *(Expériences XIII, XIV, XV,)* les alkalis fixes & volatils, appliqués ſur l'Indigo par la voie des digeſtions, n'ont eu aucune action ſur lui; c'eſt du ſein même de cette fécule, qu'il faut dégager l'alkali volatil qui doit la diſſoudre, & par les mêmes moyens qui mettront en jeu la chaux, ou l'alkali fixe, qui ſerviront à décompoſer les ſels ammoniacaux dont nous avons prouvé l'exiſtence dans l'Indigo, l'atténuer au point qu'il n'oppoſe aucune réſiſtance à l'alkali volatil qui doit le diſſoudre.

Les moyens, qui rempliſſent ces deux indications, ſont un mouvement d'effervescence qu'on ſuſcite dans le vaiſſeau, où l'Indigo attend ſa diſſolution; ou un mouvement de fermentation combiné avec le premier, en mettant avec l'Indigo des matières qui peuvent le produire.

Le bleu qu'on obtient, par ces différens procédés, eſt connu dans le commerce ſous le nom *de bleu de cuve*, & cette dénomination emporte avec elle l'idée d'un bleu ſolide; ce qui a déterminé cette déſignation, eſt que cette couleur ſe prépare dans de grands vaiſſeaux de bois, ou de cuivre, qu'on appelle cuves; &, ſuivant la méthode dont on ſe ſert pour y diſſoudre l'Indigo, ces cuves prennent chez les teinturiers différens noms : celles où les efferveſcences ſont les ſeuls moyens employés pour déterminer la diſſolution de l'Indigo, s'appellent *cuves à froid;* ce ſeront les premières dont nous traiterons, parce que leur procédé eſt le plus ſimple, & qu'il jette beaucoup de jour ſur ceux où l'on s'aide d'un mouvement de fermentation pour parvenir à la même diſſolution.

Nous avons, comme *M. Hellot*, monté cette cuve en petit, dans les proportions ſuivantes.

Cuves à froid.

Nous avons fait fondre, dans deux livres d'eau, une once & demie de couperoſe verte, nous avions fait digérer pendant trois heures à chaud, une once & demie d'Indigo, dans une autre livre d'eau chargée d'une once & demie de potaſſe; nous avons verſé ce dernier mêlange dans le vaſe où étoit la couperoſe fondue, & ſitôt après nous y avons jeté une once & demie de chaux éteinte à l'air; après avoir brouillé le tout avec une ſpatule, nous l'avons laiſſé repoſer; deux heures après, nous avons encore rebrouillé le tout pendant quelques momens.

Dès le moment où ces divers mêlanges ont été faits, il s'eſt excité un mouvement d'efferveſcence très-ſenſible, qui ſe ralentiſſant peu-à-peu, a permis aux précipités, qui ſe font dans cette opération, de s'affaiſſer. Cet affaiſſement, n'eſt total, & bien égal, que quand l'efferveſcence eſt entièrement diſſipé; telle attention que nous ayions apportée

toutes les fois que nous avons fait cette opération, il ne nous a pas été poſſible d'obſerver, comme *M. Hellot*, l'ordre qu'il aſſigne aux différens précipités qui ſe font ici; les parties calcaires, & les parties métalliques, ſe ſont toujours, dans les divers eſſais que nous avons faits, précipitées pêle-mêle; &, juſqu'au moment de leur précipitation, ils reſtoient ſuſpendus dans la liqueur avec l'Indigo, & nous n'avons vu ni le bourſoufflement de cette ſubſtance, ni le précipité d'une de ſes parties annoncées par *M. Hellot*. Nous avons au contraire conſtamment obſervé que la diſſolution étoit toujours faite quand les précipités avoient fait toute la retraite qu'ils pouvoient faire; & quand alors la diſſolution n'eſt point faite, l'opétion eſt manquée, & nous n'avons jamais pu la faire réuſſir.

Le bain, qui ſurnage les précipités, eſt jaune verdâtre; ſi l'on en prend dans une cuiller, ou dans un verre, il verdit parfaitement & prend enfin la couleur bleue; ſa ſurface eſt cuivrée, couverte d'écume bleue. Cette cuve eſt à-peu-près, en tems chaud, quatre heures à venir, au moins en majeure patie, car il en faut, près de vingt-quatre pour que les précipités ſoient totalement affaiſſés, & que par conſéquent l'efferveſcence & la diſſolution, qui en eſt le réſultat, ſoient abſolument finies.

Le ſimple expoſé du procédé, ſemble en développer tout le méchaniſme. Du mêlange fait en même tems de la chaux, de l'alkali fixe, & du vitriol martial, il réſulte néceſſairement qu'une partie de l'acide vitriolique s'unira à l'alkali fixe, qu'une autre ſe joindra à des molécules calcaires, qui ſe trouveront dans ſon voiſinage : par le mouvement qui réſulte de ces différentes unions, des molécules alkalines encore libres, venantes à rencontrer ces ſels à baſe terreuſe les décompoſeront; & pendant que tout ceci ſe paſſe d'un côté, des molécules tant calcaires terreuſes, que calcaires métalliques, & & alkalines attaqueront les ſels ammoniacaux de l'Indigo, & formeront encore de nouvelles combinaiſons dont il n'y aura de durables, que celles faites par les alkalis fixes; toutes

les autres ſeront encore décompoſées, & l'alkali volatil rendu libre, diſſoudra l'Indigo, qui, atténué tant par la cuite, que par les efferveſcences extranées, & par celles qui ſe ſont opérées même dans ſon ſein, n'oppoſera aucune réſiſtance au diſſolvant qui l'attaque, & qui lui imprime le ſigne de diſſolution dont l'alkali volatil marque toutes les teintures bleues auxquelles il s'unit; comme elles, la diſſolution de l'Indigo ſera verte, ſi l'alkali volatil ne ſurabonde point, & s'il ſurabonde, ou ſi l'atténuation de l'Indigo a été portée au dernier degré, cette diſſolution ſera jaune; c'eſt ſous la première couleur, & dans cet état de diſſolution, que cette matière paſſera dans les pores des laines ou étoffes que l'on tiendra dans ces cuves; mais auſſi-tôt qu'elles ſortiront du bain, l'alkali volatil s'évapore, & les molécules d'Indigo ſeront rendues à leur première couleur, & à leur état d'indiſſolubilité.

Il ſembloit naturel de penſer que l'efferveſcence étant ici l'unique moyen qui détermine la diſſolution, on pouvoit l'appliquer d'une manière plus ſimple, qu'un acide à nud devoit produire le même effet qu'engagé dans une baſe. Nous avons vérifié cette conjecture par l'expérience; ſans rien changer d'ailleurs au procédé que nous venons de décrire, nous avons au-lieu de vitriol, employé l'acide vitriolique à nud, l'efferveſcence fut très-violente, mais de courte durée, & il ne ſe fit aucune diſſolution. Nous avons fait le même eſſai, mais ſans plus de ſuccès, avec l'acide du vinaigre. Sans doute que le trouble qu'occaſionnent des efferveſcences auſſi violentes, s'oppoſe à l'union de l'alkali volatil avec l'Indigo, ou la détruit dans le même moment où elle vient de ſe former; peut-être auſſi la violence de l'efferveſcence ne ſupplée-t-elle pas à ſon peu de durée.

Il eſt donc néceſſaire que l'acide qu'on emploie, ſoit engagé dans une baſe, que cette baſe ſoit calcaire ou métallique, comme nous l'allons voir dans les Expériences ſuivantes.

Nous avons eſſayé ſans ſuccès, à differentes repriſes, de ſubſtituer l'alun au vitriol martial; la baſe de ce ſel étant argilleuſe, elle eſt ſans action ſur les ſels ammoniacaux contenus dans l'Indigo, & s'interpoſant d'ailleurs entr'eux, & les molécules calcaires ou alkalines, elle les défend de l'action de ces derniers.

Cuves à froid, avec l'acide végétal.

Convaincus par l'expérience de la néceſſité d'une baſe calcaire, nous avons tenté ce même procédé en ſubſtituant au vitriol martial douze onces de vinaigre ſaturé de craie; il ſe fit une effervescence, & bientôt après un précipité; nous attendîmes inutilement la diſſolution de l'Indigo; nous goûtâmes la liqueur qui étoit tranſparente; &, remarquant que la totalité du ſel aceteux n'étoit point décompoſée, n'ayant point pour le moment d'alkali fixe végétal, nous nous ſervîmes d'une leſſive de ſoude pour décompoſer le reſte de la diſſolution de craie; il ſe fit une nouvelle effervescence, & bientôt le précipité perdit l'œil bleu ardoiſé qu'il portoit, il devint blanc jaunâtre, le liquide reſta tranſparent, & d'une couleur citrine. Si l'on prenoit de cette liqueur dans un verre, elle verdiſſoit à la longue, & paſſoit enſuite au bleu; en la reverſant dans le bain, la couleur bleue diſparoiſſoit à l'inſtant.

Flattés du ſuccès de cette Expérience, nous voulûmes la recommencer le lendemain; mais, faiſant la décompoſition entière du ſel aceteux par l'alkali fixe végétal, la diſſolution de l'Indigo n'eut point lieu, le liquide devint d'un brun rougeâtre. Nous tentâmes cette Expérience à différentes repriſes & toujours ſans ſuccès : nous fûmes donc obligés de reconnoître que nous devions la réuſſite de cette première, à l'alkali minéral dont nous nous étions ſervis pour achever la décompoſition du ſel aceteux. Nous l'avons recommencé

pluſieurs fois; & avec un ſuccès conſtant en employant toujours l'alkali minéral.

Si l'on nous demande pourquoi l'alkali fixe végétal ne réuſſit point dans ce procédé, comme dans celui où l'on emploie la diſſolution du fer par l'acide vitriolique, nous répondrons, qu'il eſt moins abondant dans celui-ci; il a donc moins d'action ſur la partie colorante, & nous avons vu, *(Expér. IX)*, combien cette action la détruit: peut-être auſſi que phlogiſtiqué par le fer, & rapproché par-là de l'alkali minéral, il n'eſt plus auſſi deſtructeur.

Cuves à froid, avec l'alkali minéral.

D'APRÈS cette obſervation ſur la différence des deux alkalis fixes, nous avons tenté de monter la cuve à froid, ſuivant le procédé ordinaire, en nous ſervant de l'alkali minéral, au lieu du végétal; l'effervescence fut plus vive, la diſſolution de l'Indigo plus prompte, & ſi parfaite, qu'on n'eût point ſouppçonné cette fécule dans le liquide qui la tenoit en diſſolution. L'alkali, que nous avons employé, n'étoit point ſous forme concrète; nous nous ſervîmes de ſix onces d'une première leſſive de ſoude.

Nous croyons d'après cette Expérience, (que nous ſouhaitons qu'on répète, tant elle nous a paru curieuſe,) que la ſubſtitution de l'alkali minéral au végétal dans cette cuve, en perfectionneroit le procédé, & le rendroit plus sûr en ce qu'on pourroit y introduire une plus grande quantité d'alkali ſans endommager la couleur, & procurer par-là une décompoſition plus complète du vitriol, une effervescence par conſéquent plus ſoutenue & qui rendroit la diſſolution plus parfaite.

Le procédé ordinaire des cuves à froid n'eſt point infaillible; comme il eſt fondé ſur des effervescences, ſon ſuccès eſt ſubordonné à la température de l'air; ſi, à cauſe d'un trop

grand froid, elles languiſſent, l'Indigo n'étant pas ſuffiſamment atténué, l'alkali volatil ſe dégagera en pure perte, & cette fécule qu'il n'a pu diſſoudre n'en contenant preſque plus, ce ſera envain qu'on tentera à ſuſciter de nouveaux mouvemens d'efferveſcence. Nous avons manqué pluſieurs de ces cuves ſans pouvoir, par aucun moyen, opérer la diſſolution. D'après la cauſe que nous aſſignons de l'impoſſibilité de faire réuſſir ce procédé par de nouvelles efferveſcences, quand une fois il a été manqué, l'on apperçoit combien eſt abuſive la pratique de faire digérer l'Indigo dans l'alkali fixe : la quantité d'alkali volatil qu'il perd dans cette opération préparatoire, le privant d'une partie de ſon diſſolvant, nuit à ſa diſſolution. Nous avons conſtaté, par des Expériences réitérées, que cette fécule bouillie ſeulement dans l'eau, & broyée enſuite avec la même eau, ſe diſſout plus promptement que lorſqu'on la fait digérer dans l'alkali fixe; l'efferveſcence eſt plus vive & plus ſoutenue.

Les cuves à froid ne s'emploient guères dans les teintureries que pour les fils & cotons; ces matières étant d'une texture plus ſerrée que les matières animales, elles prennent le bleu difficilement, il faut le leur donner, pour ainſi dire, par couches, les éventer par conſéquent ſans ceſſe afin de faciliter l'évaporation de l'alkali volatil qui eſt uni à l'Indigo: cette manœuvre eſt incommode ſur des cuves chaudes, en ce qu'elle les refroidit, le bain d'ailleurs étant ſans ceſſe ouvert & agité par cette manipulation, il s'évapore une prodigieuſe quantité d'alkali volatil parce qu'à raiſon de la chaleur, il y eſt plus mobile que dans les cuves à froid.

Cuves avec fermentation.

Nous avons vu, dans la cuve à froid, que l'efferveſcence étoit le ſeul moyen employé pour atténuer l'Indigo & déterminer ſa diſſolution, dans celles que nous allons décrire, nous retrouverons la même cauſe, mais ſecondée d'un mou-

vement de fermentation, qui concourt avec elle au même effet. Ces cuves diffèrent entr'elles en raiſon de l'eſpèce de fermentation qu'on y introduit : dans l'une, c'eſt la fermentation acide ; dans l'autre, c'eſt la fermentation acide putride ; enfin l'on y a même admis la fermentation putride.

Celles où l'on emploie la fermentation acide, s'appelle *cuve d'inde;* la ſeconde ſe déſigne par la matière fermenteſcible qu'on y introduit, elle eſt connue ſous le nom de *cuve au vouëde* ou *au paſtel,* Comme la matière fermenteſcible de la troiſième eſt l'urine, on l'appelle *cuve à l'urine.*

Nous traiterons d'abord de la première, parce qu'elle eſt la moins compoſée, & que la théorie de ſon procédé tient de très-près à celle de la cuve à froid.

Cuves d'inde.

Le vaisseau où s'exécute le procédé que nous allons décrire, eſt une chaudière, qui, par ſa forme conique, laiſſe entr'elle & la maçonnerie qui l'entoure & ſur laquelle ſes bords s'appuient, aſſez de vide pour y faire du feu ; on verſe dans cette chaudière quarante ſceaux d'eau, plus ou moins ſuivant ſa continence, chargée de ſix livres de cendres gravelées, douze onces de garence, & ſix livres de ſon qu'on a fait bouillir dans cette eau ; on fait entrer dans la cuve les marcs même de ces matières ; on y verſe enſuite ſix livres d'Indigo cuit & broyé à l'eau ; on brouille, on pallie (pour nous ſervir du mot uſité) ce mêlange, avec une eſpèce de rateau en bois qu'on nomme *rable*, on ferme enſuite la chaudiere, on entretient un peu de feu autour ; on la pallie une ſeconde fois douze heures après qu'on l'a montée, & ainſi de ſuite de douze en douze heures, juſqu'à ce qu'elle ſoit venue à bleu, ce qui arrivera au bout de quarante-huit heures ſi on l'a bien gouvernée, & montée dans les doſes preſcrites : le bain ſera d'un beau verd, couvert de plaques cuivrées, & d'écume ou fleurée bleue.

La théorie

La théorie de ce procédé se rapproche, comme nous l'avons dit, de celle de la cuve à froid. Dans celle-ci, on introduit un acide tout formé; dans celle-là, on le forme. Le mouvement de fermentation qui le produit, & la chaleur d'ailleurs qui est ici nécessaire, suppléent à la foiblesse de l'effervescence légère qui doit résulter de l'union de cet acide avec l'alkali fixe à côté duquel il s'engendre. L'Indigo dans ce procédé, prend lui-même part au mouvement de fermentation par sa partie extractive; nous avons vu (*Expérience IV*), combien cette partie fermentoit aisément.

Nous ne concluons pas seulement la fermentation que nous admettons dans ce procédé de la nature des matières qu'on y fait entrer, mais de l'aspect du bain qui long-tems après que le feu est éteint, est dans un mouvement continuel.

On peut donner dans deux extrêmes opposés dans l'exécution de ce procédé, si l'on excède la quantité de cendres gravelées que nous avons prescrite, ou si restant la même, l'on diminue trop celle du son & de la garence, alors l'alkali fixe dans l'un & l'autre cas, devenant surabondant, attaque & détruit même une partie de l'Indigo; cette surabondance de l'alkali fixe se reconnoît à ce que le bain de la cuve est d'un verd jaune, & que les bleus qu'on y a teint tirent plus ou moins sur le verd; on ramène une cuve en cet état au point où elle doit être, en y faisant entrer une nouvelle quantité de son ou de garence qui, en fermentant, produisent l'acide nécessaire pour salurer l'alkali fixe surabondant; l'extrême contraire est celui où l'on diminueroit la quantité de cendres gravelées que nous avons prescrite, ou si cette quantité restant la même, l'on augmentoit considérablement celle du son & de la garence; alors l'aigre produit par ces matières, n'étant point saisi par les alkalis fixes, une partie s'unit à l'alkali volatil, qui doit dissoudre l'Indigo, l'autre faisant office de ferment, détermine la fermentation jusques dans l'Indigo même : cette fermentation d'abord acide, devient bientôt

putride & deſtructive; on reconnoît aiſément le cas que nous venons de décrire, d'abord la cuve exhale une odeur douce, le bain eſt d'un verd louche plutôt même d'un bleu verdâtre; à cet état ſuccède une odeur d'aigre décidé, & bientôt après la putréfaction complète qui eſt irremédiable; on corrige aiſément une cuve dans les deux premiers degrés, une nouvelle miſe d'alkali fixe en ſalurant l'acide ſurabondant prévient la putréfaction, dégage l'alkali volatil & détermine la diſſolution de l'Indigo.

Cuves au vouëde ou au paſtel.

Le pastel & le vouëde ſont les matières fermenteſcibles qu'on emploie dans ces cuves; ces plantes ſont de la famille des crucifères : le rapport de cette famille végétale avec le règne animal connus par les produits qu'on en retire par la diſtillation, s'établit encore par la fermentation des ſucs extraits de ces plantes; elle préſente les mêmes phénomènes que celle des matières animales; on y obſerve de même trois degrés : dans le premier, ces ſucs ſont dans un état parfait d'atténuation & de neutralité, ils exhalent alors une odeur douce, qui a tant de rapport avec celle des ſucs extraits de viandes fraîches, qu'on ne peut mieux la déſigner que par le nom d'odeur animale; dans le ſecond degré, la neutralité obſervée dans le premier eſt rompue, il ſe développe un acide que nous nommerons *acide putride;* ſon exiſtence eſt annoncée par l'odeur d'aigre que répandent alors les ſucs en fermentation, odeur ſemblable à celle des ſucs de viandes qui commencent à fermenter; de ces états peut-être pourroient ſe comparer le premier à celui des liqueurs d'un animal vivant & bien portant; le ſecond à celui où ſont ces mêmes liqueurs dans l'animal lorſqu'il a la fièvre; le troiſième degré de la fermentation de ces ſucs, eſt la putréfaction ou l'état cadavereux de l'animal; il en eſt ſans doute encore un quatrième qui ſera, ſi l'on peut ſe ſervir de ce terme, la fermentation annihilatoire; il eſt aiſé de s'appercevoir que le nom

de putride donné à cette fermentation, n'eſt point aſſez générique, puiſqu'il ne préſente que l'idée du troiſième degré; celui de fermentation animale nous ſembleroit plus convenable.

On n'emploie dans la cuve, que nous allons décrire, que les deux premiers degrés de cette fermentation; &, comme elle tend ſans ceſſe au troiſième, il faut perpétuellement la rappeler du ſecond au premier. Nous verrons, dans l'expoſition du procédé, les moyens dont on ſe ſert pour l'y ramener, les ſignes auxquels on reconnoît la néceſſité d'y recourir, & le danger qu'il y a à en abuſer.

Nous ne traiterons ici que de la cuve au vouëde, parce que nous n'avons pas eu occaſion de traiter en grand celle au paſtel, qui d'ailleurs ne diffère eſſentiellement de la première, que parce que le paſtel entre plus vîte en fermentation. Ces deux plantes ſont de la même famille & de la même eſpèce, (ſelon M. Valmont de Bomare) leur culture & leur préparation établiſſent ſeules leur différence.

Procédé de la cuve au vouëde.

On met dans le fond de la cuve, qui contient environ deux cens ſeaux d'eau, cent cinquante livres de vouëde en pelottes; on y jette douze livres de ſon, & on y fait couler cent ſeaux d'eau bouillante; quand le vouëde a ainſi trempé environ trois heures, on remplit la cuve en entier d'eau bouillante, & l'on y verſe en même-tems l'eau dans laquelle l'Indigo a été cuit & broyé. (Nous ne déterminons pas la quantité d'Indigo,) deux garçons avec leurs rables, ſoulèvent le vouëde & le promènent dans le bain; (cette opération s'appelle pallier;) ſi quatre heures après l'aſſiette de cette cuve, on en obſerve le bain, on lui trouvera une odeur forte, ſemblable à celle du vouëde en pelottes, ſa couleur ſera d'un jaune de feuilles mortes peu foncée; ſi l'on heurte le bain avec le plat du rable, il s'élèvera une mouſſe ſans conſiſtance, dont les bulles diſparoîtront avec bruit ſitôt qu'elles ſeront formées:

huit ou dix heures après l'aſſiette, l'odeur de la cuve commence à devenir ſucrée, herbacée; du reſte tout eſt encore au même état. Enfin douze ou quinze heures après, cette odeur ſucrée ſe convertit en une odeur douce, fade, nauſéabonde, ſouvent légèrement aceſcente; en un mot, celle des ſucs récemment extraits des animaux. Mais il faut obſerver, avec attention, pour démêler cette aceſcence, qui ſe feroit bientôt ſentir diſtinctement, ſi l'on laiſſoit aller la fermentation plus loin. Si l'on heurte ſur le bain en ce moment, la mouſſe qui s'élève ne décrépite plus, ſes bulles ſe ſoutiennent comme celles formées par une eau ſavoneuſe, & elles ſont teintes d'un bleu plus ou moins foncé; le bain n'eſt plus ſec au toucher, il devient légèrement onctueux, parfaitement homogène, & d'un verd plus ou moins jaune. Si l'on deſcend le rable dans l'intérieur du bain, & qu'on le remonte doucement, on voit s'élever de l'Indigo qui y fuſe, & avec lui un marc plus jaunâtre que le reſte du bain; ſi l'on enlève quelques gouttes de ce dernier, elles ſeront d'abord vertes & tranſparentes; bientôt ce verd tirera ſur le bleu, & les gouttes perdront leur tranſparence: ſi l'on fait tirer du vouëde, & qu'on en preſſe une pelotte dans les mains, elle verdira à l'air. Dès que ces différens ſignes paroiſſent, mais particulièrement dès que l'odeur que nous venons d'exprimer, ſe fait ſentir, il eſt tems, non ſeulement de faire pallier la cuve (ces ſignes ne fuſſent-ils point venus, il faudroit toujours la pallier), mais encore de modérer la fermentation, en y jetant, pendant que les deux garçons pallient, un peu de chaux avec une petite palette de bois, nommée *tranchoir;* un des garçons heurte auſſitôt le liquide avec ſon rable, afin de faciliter le mêlange de la chaux. Un moment après on ſentira le bain, ce qui ſe fait d'une manière plus commode & plus ſûre, en en prenant dans une cuiller-à-pot plate, qu'en y trempant les mains, ſuivant la méthode ſale & dégoûtante des Teinturiers, & on ceſſera d'y mettre de la chaux, ſi, dès la première miſe, on ſent l'odeur de l'alkali volatil. C'eſt cette odeur ſeule qu'il faut conſulter, & le grand

talent eſt de ſavoir la démêler parmi celles avec leſquelles elle peut être compliquée. Nous oſons mettre en fait, que ceux à qui elle eſt familière, pourroient, après la lecture de cet expoſé, conduire une cuve, ſans y rencontrer de grandes difficultés; pourquoi nous recommandons à tous ceux qui ſe deſtinent à l'art de la teinture, de diſſoudre du ſel ammoniacal dans différentes infuſions végétales, & de s'exercer, en décompoſant ce ſel avec un peu de chaux qu'ils jeteront dans cette même infuſion, à diſtinguer l'odeur de l'alkali volatil, de toute autre odeur étrangère dont il pourroit être chargé.

On ne met donc cette fois qu'une légère quantité de chaux (mettre de la chaux dans une cuve, s'appelle *garnir*,) puiſqu'on ceſſe dès que l'alkali volatil commence à ſe faire ſentir.

Cinq heures après ce palliage, on découvrira la cuve; on trouve, en la ſentant, ce qui s'appelle *goûter*, qu'elle a perdu la légère odeur d'alkali volatil qu'on y avoit développée le matin; le bain a repris de nouveau l'odeur douce, fade & aceſcente; la mouſſe ou fleurée, qui s'élève en heurtant, eſt d'un bleu plus vif qu'elle ne l'étoit au premier palliage après la miſe de chaux; ſes bulles ſont plus rondes, plus petites, & ont moins de tenue; non-ſeulement l'indigo fuſe dans le bain quand on remonte doucement le rable qu'on y a plongé, mais on le voit rouler à la ſurface de la cuve, où il forme des veines qui ſe meuvent en ſpirale. Il faut pallier de nouveau, & ſi l'odeur de l'alkali volatil ne remonte pas par cette manipulation, on garnira petit-à-petit, en conſtatant, après chaque miſe de chaux qui doit être ſuivie d'un coup de rable, ſi l'alkali volatil ne ſe fait point ſentir, afin de ceſſer de garnir dès qu'on en reconnoîtra l'odeur.

Six ou ſept heures après, on découvrira la cuve pour la troiſième fois, on lui trouvera plus de fleurée bleue & d'une couleur plus nourrie qu'au ſecond palliage; le bain ſera couvert de plaques cuivrées d'un verd plus jaune; mais il aura encore

perdu l'odeur d'alkali volatil qu'on lui avoit laiſſée au ſecond palliage ; les bulles qui s'élèveront en ſe heurtant, ſeront d'un bleu vif, mais rondes, de peu de volume ; il faut pallier de nouveau, & il eſt tems de garnir avec plus de hardieſſe ; il ne faudra ceſſer de le faire, que quand l'alkali volatil dominera univerſellement, & qu'il viendra heurter vivement l'odorat, pourquoi il faudra, après chaque miſe de chaux, conſtater l'état du bain, dans la crainte d'outre-paſſer le point que nous venons d'aſſigner. Outre l'odeur dominante de l'alcali volatil, d'autres ſignes annoncent encore que la cuve eſt ſuffiſamment garnie : la fleurée a plus de tenue, ſes bulles plus de volume, leur bleu eſt plus verd, elles font d'ailleurs du bruit en ſe formant.

La fermentation eſt ramenée, & arrêtée en ce moment au premier degré pour vingt-quatre heures. Nous parlons généralement, parce que, par des cauſes particulières, il pourra ſe faire que, dans cet intervalle, elle ait beſoin d'être arrêtée de nouveau.

Dès le lendemain matin, après ce troiſième palliage, on peut teindre deſſus la cuve. On teint trois fois dans la même journée, le matin à ſix heures, vers les onze heures, & à cinq heures du ſoir. (L'action par laquelle on teint, s'appelle *miſe en cuve*, ou *paliment.*) Sitôt que les matières qu'on y teint en ſont ſorties, on pallie, & il eſt toujours prudent de vérifier en ce moment l'état de la cuve. Tant que l'alkali volatil s'y fera ſentir, il ne faudra point la garnir ; mais, ſi l'on obſerve que ſon odeur ſoit éteinte, il faudra la faire reparoître. Si, immédiatement après la troiſième miſe en cuve, elle n'eſt point trop douce, il ſera bien de la pallier ſans la garnir, & de remettre à le faire trois heures après, ou on la palliera de nouveau. Il ſera tems alors d'y faire encore dominer l'odeur de l'alkali volatil ; mais il faut obſerver qu'il ne heurtera plus l'odorat avec la même vivacité, à raiſon de ce que la chaleur commence à baiſſer. On procède ainſi pendant quatre jours,

à compter de celui où l'on a commencé à teindre; on garnit à la fin de chaque journée jusqu'au point, & avec les précautions ci-dessus indiquées: mais, comme la chaux va toujours en décroissant, & que le mouvement de fermentation diminue avec elle, il faut bien moins de chaleur à la fin des troisième & quatrième jours; souvent même il existe encore assez d'alkali volatil ce dernier jour, pour être dispensé de regarnir. Généralement le cinquième jour, on ne garnit point du-tout, parce que communément il n'y a point de nécessité de le faire. Si l'on a à travailler sur la cuve le sixième jour, il faut alors la réchauffer, parce qu'elle a perdu toute sa chaleur.

Réchaud de la cuve au vouëde.

Le procédé par lequel on réchauffe, est simple. On fait couler par une gouttière tout le bain dans une chaudière, on l'y fait chauffer jusqu'à ce qu'il soit prêt à bouillir; dès qu'il est à ce point, on le renvoie par la même gouttière dans la chaudière d'où on l'a tiré. On reconnoît dans la chaudière que le bain est à son point de chaleur, lorsqu'en ouvrant sa surface avec un bâton, le creux que l'on a formé se remplit rapidement par le repoussement qui se fait de bas en haut. Il est très-intéressant de ne point laisser bouillir le bain, parce qu'alors une partie de l'acide putride se dissiperoit par l'évaporation, & qu'on perdroit une portion du ferment de la cuve. L'existence de cet acide & la facilité avec laquelle le feu le dégage, seront démontrées par les expériences qui termineront ce Mémoire. (*Exper. V.*)

Les Phénomènes qu'offre la cuve après ce réchaud, sont les mêmes que ceux que nous venons de décrire, & on la gouverne de la même manière. La seule différence importante qu'on observe dans une cuve réchauffée, c'est que, lorsque la dissolution de l'Indigo y est bien faite, le bain n'est point verd comme dans la cuve neuve dont nous venons de détailler le procédé; il est au contraire d'un jaune de coing. Cette diffé-

rence vient de ce qu'il reſte encore dans le vouëde un peu de la partie colorante jaune de la plante qui, s'alliant au bleu, donne au bain la couleur verte, & la communique même aux matières qu'on y teint auxquelles il donne un œil verdâtre : auſſi tire-t-on peu de parti du premier réchaud dans les Teintureries, on ne s'en ſert que pour donner le pied du bleu aux étoffes qu'on deſtine pour noir ; au ſecond réchaud, cette partie colorante jaune ne ſe fait plus appercevoir, elle a été détruite en partie par la fermentation de la première aſſiette de la cuve, & en partie enlevée par les matières qu'on y a teintes. D'un autre côté, la texture du vouëde ayant été briſée par le mouvement de la même fermentation, il lâche ſes ſucs en plus grande abondance, ce qui fournit plus de matières fermenteſcibles ; il s'en extrait plus de ſels ammoniacaux, par conſéquent plus d'alkali volatil ; la diſſolution de l'Indigo ſera donc plus parfaite, & n'étant plus altérée par le mêlange de la partie colorante jaune du vouëde, elle aura la couleur de coing, comme toutes les teintures bleues végétales où l'alkali volatil ſurabonde.

Comme la fermentation eſt quelquefois retenue dans une cuve réchauffée par les parties calcaires, qui n'étoient point encore neutraliſées lors du réchaud, il ſera bien de joindre une ou deux livres de tartre en poudre au ſon que l'on emploie ici, comme quand on monte une cuve à neuf.

On ne renouvelle jamais le bain, mais tous les trois mois on en jette le pied, & on le remplace par une nouvelle miſe de vouëde. (Ce terme que nous fixons, ſuppoſe qu'on a réchauffé toutes les ſemaines.) Dans cet intervalle, on fortifie ce pied de tems-en-tems de vingt à trente pelottes de vouëde ; (la pelotte pèſe environ douze onces.)

Explication des Phénomenes qu'offrent les cuves.

Avant de parler des deux extrêmes dans leſquels on peut donner en conduiſant la fermentation dont nous traitons, nous croyons

croyons devoir expliquer les différens états où nous venons de la décrire; cette théorie fera préjuger les ſignes auxquels on reconnoît qu'on a laiſſé aller trop loin la fermentation, ou qu'on l'a trop réprimée; elle préparera à leur explication & à l'intelligence des moyens dont on uſe pour la ramener des extrêmes où on l'a fait ou laiſſé paſſer.

Toute fermentation exigeant un certain tems pour ſe former & atténuer les corps qui en ſont la matière, il n'eſt pas étonnant que quatre heures après l'aſſiette on n'y trouve d'autre odeur que celle du vouëde en infuſion, que le bain ſoit ſec au toucher & preſque ſans couleur, que les bulles qui s'en élèvent n'aient point de tenue; l'eau bouillante verſée ſur le vouëde & l'Indigo, n'en a pu extraire encore qu'une petite quantité de parties extractives inſuffiſante pour donner quelque conſiſtance au bain & aux bulles qui s'en élèvent; il ne commencera à ſe charger des ſucs du vouëde, que quand la fermentation, qu'on renouvelle ici dans cette plante, en aura briſé la texture; & les bulles n'auront de tenue que quand les parties oléo-réſineuſes miſes en état ſavoneux, auront été rendues miſcibles à l'eau: c'eſt à l'atténuation de ces parties & à leur état ſavonneux qu'eſt dû l'odeur douce, fade & aceſcente du bain: une partie du bleu de l'Indigo & du vouëde déja diſſoute par l'alkali volatil qui s'eſt dégagé, lui donnent alors la teinte verte, & l'évaporation de ce diſſolvant, donne aux bulles la couleur bleue: le mouvement inteſtin de fermentation, les parties terreuſes qu'elle a dégagé & mis en jeu, ont ſuffi pour décompoſer une petite partie des ſels ammoniacaux contenus tant dans le vouëde que dans l'Indigo.

Il eſt tems de pallier alors la cuve: par cette manœuvre, on charge le bain, tant des parties colorantes déja diſſoutes dans le pied, que de celles qui ſont aſſez atténuées, pour pouvoir l'être bientôt; d'ailleurs, en l'imprégnant de ſucs qui fermentent, il en prend lui-même d'autant plus de part à la fermentation.

Il eſt tems auſſi de commencer à garnir, parce que l'acide putride déjà préſent, quoique peu ſenſible, précipiteroit le cours de la fermentation & la conduiroit rapidement à la putréfaction : on en ſature donc une partie, & tandis qu'une partie de la chaux s'y unit, une autre miſe en mouvement par l'effervescence que cette union opère, heurte & dépoſe les ſels ammoniacaux, tant de l'Indigo que du vouëde; l'alkali volatil devient alors ſenſible, mais il s'en développe peu cette fois où l'on ceſſe de garnir, dès que l'on reconnoît ſon odeur: ce ſeroit en pure perte que l'on en feroit développer davantage, parce que les parties colorantes ne ſont pas encore aſſez atténuées pour qu'il puiſſe les diſſoudre: d'ailleurs, en ſaturant tout l'acide, on ſupprimeroit ou l'on ralentiroit tellement la fermentation, que ſon mouvement deviendroit inſuffiſant pour atténuer l'Indigo & déterminer ſa diſſolution.

A la ſeconde ouverture, on retrouve la fermentation au même degré qu'à la première, parce qu'elle n'a été que modérée & non arrêtée; par ſon mouvement continué, il y a plus d'Indigo atténué & diſſout, auſſi la fleurée eſt plus fournie en bleu; à raiſon de cette plus grande atténuation, les bulles qui s'élèvent, ont moins de volume & de tenue, leur bleu eſt plus vif & moins verd qu'après la garniture du premier palliage, parce que l'alkali volatil, qu'on avoit fait développer, ſuffit à peine à la quantité d'Indigo dont il s'eſt chargé, auſſi ſon odeur eſt inſenſible, le bain eſt encore doux & fade comme à la première ouverture. Ces ſignes réunis, établiſſent de nouveau la néceſſité de garnir; mais encore, avec la même précaution, il faudra ralentir la fermentation ſans l'arrêter; on n'effacera donc point encore en entier l'odeur douce du bain.

A la troiſième ouverture, nous avons trouvé la cuve préciſément au même état qu'à la ſeconde, ſi ce n'eſt qu'à raiſon d'une diſſolution plus parfaite de l'Indigo, ſon bain, ſi c'eſt une cuve neuve, eſt d'un verd plus jaune, & d'un jaune plus franc, ſi c'eſt une cuve réchauffée. Il eſt tems alors de ſaturer l'acide

qui a mené la fermentation jusqu'à ce moment, d'effacer l'odeur douce en entier par celle de l'alkali volatil, parce que les matières colorantes sont atténuées au point, qu'il les puisse parfaitement dissoudre; on le fait donc dominer, sa surabondance pourvoira à ce qui s'en perd par l'évaporation; c'est à cette évaporation qu'est dûe la fleurée, qui n'est qu'un amas de bulles du bain où l'Indigo, d'une ténuité merveilleuse, est rendue à sa première couleur; c'est encore elle qui produit les plaques cuivreuses & les veines noires qu'on observe dans le bain; ces veines sont formées par des traînées d'Indigo abandonnées par l'alkali volatil, elles tournoient & disparoissent, quand le nouvel alkali a saisi l'Indigo qui les forme; enfin, c'est elle qui produit l'espèce d'étoiles noires qui se forment sur le bain quand on souffle dessous au point où a donné le souffle; ce signe annonce l'atténuation parfaite de l'Indigo, & beaucoup d'alkali volatil dans le bain, s'il est d'un jaune bien franc dans le contour de l'étoile.

Cuve mal gouvernée.

Nous allons traiter maintenant des deux extrêmes dans lesquels on peut donner en gouvernant une cuve, des signes qui l'indiquent, & des moyens d'y remédier.

Si, se méprenant sur l'odeur, on garnit lorsqu'elle n'est encore qu'herbacée, sucrée, ou si lorsque l'odeur de la cuve est vraiment douce, fade, acescente, on l'efface en entier par une trop forte mise de chaux; dans le premier cas, l'acide à naître, dans le second, celui qui est né se trouvant saturé, la fermentation s'arrêtera, envain il se décomposera des sels ammoniacaux, l'alkali volatil ne dissolvra qu'incomplétement l'Indigo encore en état d'aggrégation; le bain sera donc d'un verd sale, la fleurée d'un bleu grossier, terne & verdâtre; elle s'affaissera à raison du peu d'atténuation des parties colorantes dont elle est chargée. Le bain, dans cet état de dissolution imparfaite, ne présente point d'homogénéité, sa surface est parta-

gée par des lignes en quadrille, à-peu-près comme une terre qui, en ſe deſſéchant, a fait retraite, & il n'eſt pas rare de la voir couverte d'une légère pellicule ſemblable à la crême de chaux : l'odeur de la cuve eſt alors toute-à-la-fois celle de l'eau de chaux, & de l'alkali volatil ; mais l'odeur de ce dernier eſt ſéche & dure, elle n'eſt plus aromatiſée par l'Indigo. La cuve, en cet état, s'appelle *cuve rebutée.*

L'intenſité des ſignes, que nous venous de décrire, eſt en raiſon de la cauſe qui les produit ; il en eſt de même des moyens qu'on emploie pour les faire diſparoître ; ſi la cuve n'eſt que légèrement rebutée, il ſuffira de ne la point pallier, le repos favoriſant la fermentation, il s'engendrera bientôt aſſez d'acide pour ſaturer la chaux qui ſurabonde ; ſi tous les ſignes que nous avons décrits ſe trouvent réunis, il faudra recourir à des acides tout formés, ou à des matières qui, en fermentant dans la cuve, puiſſent en produire abondamment ; tels ſont le ſon & la garence en ſubſtance ou en décoction. Les moyens que nous préférons, ſont ceux ci ; il faut enfermer dans un ſac dix livres de ſon, on le met dans la cuve, & l'on répand en même-tems dans le bain trois ou quatre livres de tartre en poudre & tamiſé. Au bout de ſix heures, le ſon a fermenté & produit ſon acide, il ſe bourſouffle & le ſac remonte, on le tire alors & l'on pallie ; ſi l'odeur dure d'eau de chaux & d'alkali volatil eſt effacée, ſi la cuve ne reſpire plus que l'aigre des matières qu'on y a introduit, il n'y a plus rien à faire ; dans le cas contraire, on répète les moyens que nous venons d'indiquer. Nous préférons la méthode d'enfermer le ſon dans un ſac, en ce que le marc ne reſtant point dans la cuve, n'y répand point d'odeur étrangère.

Il faut veiller avec attention une cuve ainſi traitée ; car une fois que la fermentation interrompue renaîtra, l'acide qui s'engendrera, ne rencontrant plus d'entraves, précipitera ſon cours de manière à ce qu'on pourroit être ſurpris ; il n'eſt pas rare de voir la fermentation reprendre avec tant de vivacité

que le bain ſe couvre d'une mouſſe blanche & que le pied ſe ſoulève. Cet état de la cuve s'appelle *brouage*.

Les ſignes qui établiſſent la néceſſité de garnir, ſont les avant-coureurs de ceux qui annoncent la fermentation putride inſtante ou commencée : ceux-ci ſont la direction longitudinale que prennent les veines de la cuve; la fleurée d'un bleu pâle ou ſans couleur, ſans conſiſtance; la rupture prompte & bruyante des bulles qui s'élèvent quand on heurte le bain; le bruit que font ces mêmes bulles en montant du fond de la cuve à ſa ſurface; l'aſceſcence du liquide; enfin l'odeur fœtide du bain, ſon bouillonnement, ſa couleur rouſſe, ſon aſpect pulvérulant, la diſparition totale de l'Indigo, le ſoulèvement du pied, ſeront les ſignes de la putréfaction actuelle du bain, &, ſi elle a gagné juſqu'au pied, la maſſe totale du vouëde montera au-deſſus de la cuve.

Il faut s'empreſſer de prévenir la putréfaction dès l'apparition des premiers ſignes; comme c'eſt l'acide putride qui précipite la fermentation vers le troiſième degré, c'eſt lui qu'il faut attaquer; on pallie donc & l'on garnit en conſtatant cependant l'état du bain après chaque miſe de chaux; car il ne faut point le faire repaſſer d'un extrême à l'autre, on arrête dès que l'alkali volatil commence à dominer. On eſt d'ailleurs averti que la chaux a produit ſon effet, parce que les différens ſignes de la putréfaction inſtante ou commencée, perdent déjà de leur intenſité; les bulles ne décrépitent plus d'une manière auſſi prompte & auſſi bruyante, elles ſont d'un bleu plus foncé ou elles en reprennent une petite teinte, ſi elles l'avoient totalement perdu; le bain lui-même, s'il étoit tout-à-fait décoloré, reprendra au palliage ou bientôt après, une légère couleur de verd. Au bout deux heures on fait encore pallier la cuve, & ſi les ſignes de putréfaction réapparoiſſent, on garnit de nouveau, & l'on procède ainſi juſqu'à ce que le calme ſoit parfaitement rétabli.

Il eſt difficile de ramener une cuve où la fermentation cadavereuſe a paſſé juſqu'au pied; nous pouvons cependant aſſu-

rer en avoir rappelé deux en cet état, où le vouëde en totalité ſurnageoit le bain, perſuadés, malgré l'alkali volatil huileux qui s'en exhaloit, que la putréfaction n'étoit complète encore que dans le bain; il eſt bon de noter que l'acide n'exiſte pas encore dans le vouëde quand il eſt déjà développé dans le bain, & que la fermentation n'y eſt encore qu'acide, lorſqu'elle eſt déja putride dans le bain. Nous chargeâmes de chaux la maſſe de vouëde qui ſurnageoit, il s'en exhala de ſuite beaucoup d'alkali volatil cauſtique; on parvint à enfoncer cette maſſe, qui gagna inſenſiblement le fond de la cuve. Les choſes remiſes dans cet état, nous continuâmes à faire pallier de deux en deux heures; au bout de ſix heures la fleurée prit une petite teinte de gris. Nous eſſayâmes inutilement, en palliant ſouvent, à faire reparoître l'Indigo; il avoit été dévoré par la fermentation putride. Perſuadés que le vouëde étoit épuiſé pour la plus grande partie, nous en introduisîmes de nouveau dans la cuve, après l'avoir fait réchauffer, &, chargée de nouvel Indigo, elle revint à bleu ſans difficulté.

Sans doute que ſi, dans le cas que nous venons de décrire, la putréfaction eût été complète juſques dans le vouëde, nous n'euſſions pas également réuſſi, les vrais anti-ſeptiques euſſent été alors les acides. Cette diſtinction pourroit peut-être jeter quelque jour ſur les remèdes anti-putrides; la différence de la fermentation des premières voies à celle des ſecondes, dont la première eſt peut-être le foyer, juſtifie, ce nous ſemble, l'oppoſition de ces remèdes. De tout tems on a joint en médecine, dans les fièvres putrides & peſtilentielles, à l'uſage des acides celui des remèdes terreux, calcaires & alkalins, ces derniers, il eſt vrai, ils ne ſont recommandés que comme alexipharmaques; mais il eſt vraiſemblable, comme le prouvent les Expériences de M. Pringle, qu'ils agiſſent réellement comme anti-ſeptiques dans les ſecondes voies, où il n'eſt guère poſſible que chez l'animal vivant, la fermentation paſſe le ſecond degré: en ſuppoſant que ce ſoit là l'état des liqueurs de l'animal dans les différentes maladies putrides, la quantité de terre que con-

tient le quinquina, & qu'on précipite de ſon infuſion par un alkali fixe, explique ſa vertu anti-ſeptique : on conçoit auſſi pourquoi, en lui alliant des remèdes terreux ou alkalins, on augmente ſa vertu fébrifuge. (Voyez, *Ouxhame & Haën.*) Nous terminerons là cette digreſſion, bien étrangère à la matière dont il s'agit, pour expoſer quelques Expériences ſur le bain de la cuve au vouëde, & qui ajoutent encore aux preuves de ſa théorie.

Première Expérience.

Si l'on fait évaporer promptement du bain de la cuve, & qu'après l'avoir concentré, on le laiſſe repoſer, l'Indigo qui étoit diſſout ſe précipitera, & la liqueur de verte qu'elle étoit deviendra rouſſe comme une forte décoction de plante ; ſi on la laiſſe quelques jours ſur le précipité, elle en redisſolvera une partie.

Deuxième Expérience.

L'affuſion d'un acide, change le bain de verd-jaune en bleu.

Troiſième Expérience.

L'alkali fixe précipite une terre blanche ſoluble dans les acides végétaux, mais qui ſe colore bientôt en bleu pâle.

Quatrième Expérience.

La diſſolution mercurielle précipite à l'inſtant toute la partie colorante, l'acide nitreux s'unit aux terres abſorbantes & à l'alkali volatil ; le mercure, dans ſa chûte, entraîne avec lui l'Indigo ; ce précipité blanchit le cuivre : en filtrant, on obtient une liqueur décolorée, qui contient un ſel à baſe terreuſe, dont la terre précipitée par l'alkali fixe eſt ſoluble avec efferveſcence par tous les acides.

Cinquième Expérience.

Quatre livres d'un bain de cuve non garnie *& à donc* (terme de teinturerie), ont fourni au degré moyen de l'eau bouillante quatre onces de liqueur acide.

L'on emploie encore dans les cuves à l'urine, les deux mou-

vemens remarqués dans les autres, celui de fermentation, & l'autre d'effervescence; l'urine fournit le premier, & les acides qu'on y introduit sous forme concrète ou liquide, procure le second par l'union avec l'alkali volatil, qui est ici le seul produit de la fermentation qu'on emploie; ces deux mouvemens réunis, en mettant en jeu les parties terreuses de l'urine, décomposent les sels ammoniacaux.

Nous ne détaillerons point les procédés de la cuve à l'urine à froid ou à chaud décrite par M. Hellot. Nous les avons exécutés d'après lui; la dissolution de l'Indigo s'est faite dans l'une & l'autre; mais nous n'avons pas pu teindre dans celle à froid. Nous n'osons point prononcer qu'il est impossible de le faire; mais nous serions bien tentés de le croire, parce que la dissolution n'est pas, ce nous semble, à un point de ténuité telle qu'elle puisse pénétrer à froid les matières qu'on en veut teindre, soit parce que l'alkali volatil n'est point ici rendu caustique, soit parce que les deux mouvemens qui s'opèrent ici comme dans la cuve d'Inde, ne lui livrent pas l'Indigo suffisamment atténué.

Nous avons vu, dans ces divers procédés, que l'alkali volatil est le vrai dissolvant de l'Indigo, qu'il n'a de prise sur lui, que lorsque son aggrégation est rompue; dès-lors le procédé où l'Indigo est le plus atténué & où l'alkali abonde le plus étant le plus complet, nous assignerons la première place à celui de la cuve au vouëde; la seconde, à celle à l'urine, parce que si l'Indigo n'y est pas autant atténué que dans la première, elle a quelque rapport avec elle, par la quantité de l'alkali volatil qu'elle contient; la cuve à froid, quoique très-commode surtout avec l'alkali minéral, doit être la dernière, parce que si la dissolution de l'Indigo y est plus parfaite que dans la cuve d'Inde, elle y est aussi moins durable, parce que l'alkali volatil, dégagé par la chaux, est plus mobile.

Sans doute qu'il est dans les crucifères des espèces qui peuvent remplacer le pastel & le vouëde, cette recherche & celle d'une fécule qui imite l'Indigo, pourront donner matière à de nouveaux Mémoires.

ANALYSE

ANALYSE

ET

EXAMEN CHIMIQUE

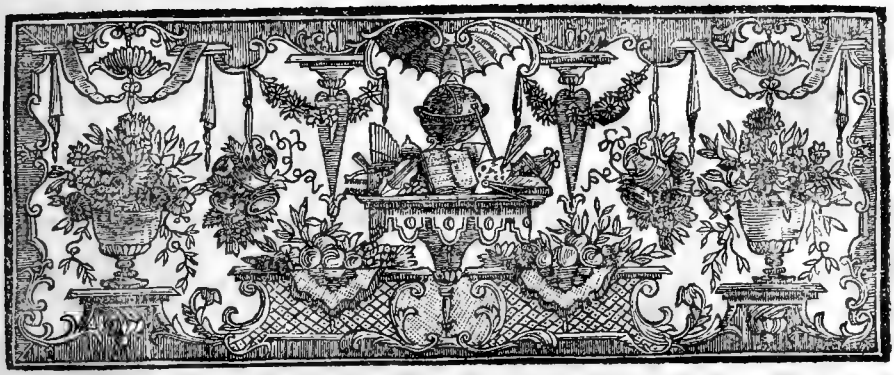
DE L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE,

POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

PIECE qui a concouru pour le Prix ſur la nature & l'uſage de l'Indigo.

Par M. BERGMAN, Correſpondant de l'Académie.



ANALYSE
ET
EXAMEN CHIMIQUE
DE L'INDIGO.

Niſi utile eſt quod facimus, ſtulta eſt gloria. PHÆDRUS.

§. 1. ON PEUT RÉDUIRE les Arts mécaniques en deux claſſes générales : l'une dépendante uniquement, ou au moins pour la plus grande partie, d'une adreſſe mécanique ; & l'autre, qui a encore beſoin de certaines opérations véritablement chimiques, quoique ſouvent très-mal entendues. Il faut pourtant avouer, qu'il n'en eſt preſque aucun de la première même, qui n'ait pas quelque cas où il eſt néceſſaire de recourir aux opérations plus ou moins chimiques. L'influence de cette ſcience, pour perfectionner les Arts, eſt donc très-évidente, & ſi les Arts ont encore beaucoup d'embarras

& de défauts, cela vient en partie du ſilence myſtérieux dont on a toujours enveloppé toute la Pratique, ſuggérée, ou par un haſard heureux, ou par un tâtonnement opiniâtre; en partie auſſi, parce que des hommes ſuffiſamment inſtruits n'ont pas eu le loiſir de s'y appliquer avec ſuccès. Mais, depuis l'époque la plus mémorable dans l'Hiſtoire des Arts; je veux dire, depuis que l'Académie des Sciences a commencé de publier leurs Deſcriptions, la ſcène a changé. Dans ces Ouvrages, le ſavant Chimiſte ou Phyſicien apprend beaucoup de faits très-remarquables, il entrevoit ce qui manque, & la connoiſſance d'autres faits ignorés des Artiſtes, lui fournit des moyens pour y remédier, ou au moins lui montre le chemin le plus court & le plus sûr pour y arriver.

Quant à l'Art de la Teinture, il n'eſt tout entier qu'une ſuite de pluſieurs opérations chimiques, ſoit pour préparer les matières à teindre, ſoit pour extraire & attirer les parcelles colorantes, ſoit enfin pour les appliquer ſolidement. Le premier pas eſt de bien connoître la nature des drogues dont on ſe ſert, & c'eſt ce problème, que l'Académie des Sciences a propoſé de réſoudre touchant l'Indigo. Je vais donc décrire mes Expériences, ſouhaitant que leurs réſultats puiſſent en quelque façon ſatisfaire les demandes d'une Compagnie ſi illuſtre. Je me ſuis ſervi du bon Indigo, dont les Teinturiers font ordinairement uſage: le plus fin eſt trop cher pour être ſouvent employé.

L'Indigo avec de l'eau.

§. 2. J'AI FAIT BOUILLIR 100 parties d'Indigo en poudre avec de l'eau diſtillée pendant un quart d'heure, dans une cucurbite de verre: je laiſſois aſſez de tems aux poudres pour couler à fond, & je décantois après doucement la liqueur ſur un filtre de papier, évitant, autant qu'il étoit poſſible, qu'aucune partie de la poudre fût emportée: j'ajoutois enfin la même quantité d'eau, je faiſois bouillir & décanter comme la première

fois, répétant la même opération jusqu'à ce que l'eau ne se colorât plus. Enfin j'ai soigneusement assemblé la poudre, qui séchée, fut exposée à la chaleur du bain-marie pendant quinze minutes, comme elle avoit été avant la décoction, & j'ai trouvé, en pesant, une perte de onze parties; il reste environ une partie de la même nature, mais qui n'est pas encore séparable moyennant de l'eau, étant défendue par les autres matières.

§. 3. La liqueur filtrée étoit claire, brune jaunâtre, sans odeur sensible, mais d'une adstriction très-légère sur la langue. En concentrant, par l'évaporation, elle devient brune, rougeâtre presque opaque : elle ne rougit point le tournesol, & ne verdit point le syrop de violette.

L'alkali ni fixe ni volatil n'en sépare rien, mais les acides précipitent promptement des molécules brunâtres pour la plus grande partie dissolubles par l'alkali fixe & volatil, qui en prennent la couleur. Après la précipitation, la couleur de la liqueur reste, mais affoiblie & jaunâtre.

La dissolution d'alun cause une précipitation jaunâtre. Celle de vitriol de cuivre fait tomber des parcelles grises, qui assemblées & lavées se dissolvent par l'alkali volatil, ne laissant qu'une petite portion blanche de reste : la dissolution devient grise, bleuâtre. Le vitriol verd donne un sédiment semblable qui se comporte avec de l'alkali volatil comme le précédent, mais la liqueur n'acquiert qu'une couleur de paille très-foible. La matière astringente est précipitée non-seulement par l'alun, mais aussi par tous les sels métalliques.

La teinture des galles ne fait aucun changement visible, non plus que l'esprit-de-vin.

§. 4. L'eau seule n'est donc point capable de dissoudre les molécules bleues, n'attaquant qu'environ $\frac{1}{9}$ du poids; c'est-à-dire, les parties mucilagineuses, les astringentes, & les savonneuses. La poudre d'Indigo épuisée par des décoctions dans de l'eau, est aussi bonne pour teindre, sinon meilleure qu'auparavant.

La matière diſſoute par l'eau n'eſt donc pas toute entière de la même nature, puiſque les parties réſineuſes de la ſubſtance ſavonneuſe, ſe laiſſent précipiter par tous les acides.

L'Indigo avec des diſſolvans phlogiſtiques.

§. 5. La poudre d'Indigo digérée fortement dans *l'eſprit-de-vin* bien rectifié, donne une teinture d'abord jaune, puis rouge & enfin brune. Cette opération répétée pluſieurs fois avec de l'eſprit-de-vin nouveau l'épuiſe enfin, & ce menſtrue ne ſe colore plus. De cette manière, l'Indigo perd environ $\frac{1}{17}$ de ſon poids, comme on peut s'en convaincre en aſſemblant, déſſéchant & paſſant la poudre reſtante.

La couleur de la teinture varie ſelon l'épaiſſeur de la maſſe miſe entre l'œil & la lumiere; par l'atténuation, elle devient jaunâtre, & de plus en plus foible. De l'eau ajoutée la rend louche, une matière réſineuſe brunâtre eſt ſéparée, mais va très-lentement au fond. L'acide marin ne fait aucun changement, la couleur en devient ſeulement plus foncée, mais ſans ſe grumeler; au contraire, l'alkali volatil cauſtique la rend plus claire & précipite un peu de matière; il en arrive de même avec l'eau vitriolique concentrée : la leſſive d'alkali fixe fait un mêlange un peu louche & ſavonneux, précipitant en même tems un peu d'alkali, & par-là la liqueur s'éclaircit; elle contient pourtant encore, & une portion d'alkali, & la matière réſineuſe, comme on peut s'en convaincre, en ajoutant quelques gouttes d'un acide, qui non-ſeulement excitent une efferveſcence, mais ſéparent auſſi des floccons rougeâtres.

§. 6. L'éthèr vitriolique agit ſur l'Indigo à-peu-près comme l'eſprit-de-vin, la couleur me ſemble pourtant être un peu plus gaie. L'eau ajoutée précipite des floccons jaunes brunâtres.

§. 7. Les huiles, tant exprimées que diſtillées, ont peu de priſe ſur l'Indigo, quoique aidées par la digeſtion. Elles

jauniſſent pourtant, & cette circonſtance jointe à ce que la poudre bleue une fois bien remuée a beſoin de pluſieurs jours pour gagner le fond, fait paroître l'huile verte; mais, cette apparence eſt fauſſe, elle s'affoiblit inſenſiblement & eſt enfin entièrement éteinte; mais elle peut être renouvellée à ſouhait, en ſecouant le vaiſſeau & le laiſſant enſuite en repos.

L'Indigo avec des acides.

§. 8. J'AI MÊLÉ une partie d'Indigo bien pulvériſé avec huit, d'*acide vitriolique* clair, ſans couleur & tellement concentré, que ſa peſanteur ſpécifique étoit à celle de l'eau diſtillée comme 1,900 à 1,000. Le mêlange fait dans un flacon de verre; je l'ai bouché légèrement. L'acide attaquoit promptement l'Indigo, excitant une grande chaleur. Après une digeſtion de 24 heures, l'Indigo étoit diſſout; mais le mêlange étoit tout-à-fait opaque & noir. En ajoutant de l'eau, il s'éclaircit donnant ſucceſſivement toutes les nuances de bleu ſelon la quantité, & il faut au moins vingt livres d'eau dans un vaiſſeau cylindrique de verre de ſept pouces de diamètre, pour éteindre la moindre gouttelette de la diſſolution décrite. Voilà une grande richeſſe de couleur.

J'entends par teinture d'Indigo, la diſſolution mêlée avec de l'eau juſqu'à devenir tranſparente, plus ou moins bleue ſelon qu'elle a plus ou moins d'épaiſſeur, ce dont il faut ſe ſouvenir pour la ſuite.

En laiſſant tomber une très-petite portion d'Indigo ſur l'acide vitriolique concentré ſans faire aucun mêlange, on en voit bientôt ſortir des nuages verds, ſi on ajoute une gouttelette d'eau, il s'excite de la chaleur, les nuages deviennent bleus à l'inſtant; cela arrive auſſi de ſoi-même, mais plus lentement.

L'acide vitriolique phlogiſtiqué n'attaque point l'Indigo; moins cela ne ſe fait pas de la manière que je viens de décrire,

comme nous le verrons bientôt. Je phlogiſtique mon acide concentré en y mêlant de la poudre de charbons & le retirant enſuite moyennant la diſtillation; car, ſans être aidé par la chaleur, il ne ſe charge pas du principe inflammable des charbons.

Si l'acide vitriolique eſt delayé par de l'eau, il n'attaque que le principe terreux (§. 27), il devient pourtant jaunâtre par la diſſolution de quelques parties mucilagineuſes, ce qui arrive de même à tous les autres acides.

§. 9. Pour connoître de plus près les propriétés de cette diſſolution relativement aux autres matières, j'ai verſé pluſieurs mêlanges dans divers bocaux de verre marqués de certaines lettres d'alphabet : j'ai mis enſuite, dans chacun, une goutte de la diſſolution d'Indigo; j'ai bien mêlé & laiſſé les bocaux en repos l'un auprès de l'autre dans une température de 15 à 20 degrés, ſelon l'Échelle de *M. de Réaumur*, obſervant journellement les changemens.

(a) Le premier bocal contenoit, outre la goutte de la diſſolution d'Indigo, 215 grains *d'eau diſtillée*, devant ſervir à comparer & mieux évaluer les autres réſultats. Pendant pluſieurs ſemaines que durerent ces obſervations on ne voyoit d'autres changemens, que la diminution cauſée par l'évaporation.

(b) 325 grains *d'acide vitriolique phlogiſtiqué* avec une goutte de la diſſolution légèrement ſecoués dans un flacon bien bouché, donnoient une jolie teinture bleue, mais qui, après quelques heures, tiroit ſenſiblement ſur le verd. Ce changement s'augmentoit, & en même-tems la couleur s'affoibliſſoit de plus en plus, de manière qu'après trente heures il n'en reſtoit qu'une teinte jaunâtre à peine viſible. Le bleu étoit donc entièrement mangé, & ne pouvoit revenir, ni par l'air libre, ni par les alkalis, ni par aucun autre moyen.

(c) 325 grains d'eau diſtillée mêlés avec une goutte de la diſſolution & quatre d'un bon *acide nitreux*, devenoient bleus;

bleus; mais cette couleur fut entièrement détruite dans un quart d'heure, ſans paſſer auparavant par le verd & ſans pouvoir reparoître.

(*d*) 325 grains *d'acide de ſel marin* avec une goutte de la diſſolution d'Indigo, devenoient bleus comme tous les autres mêlanges, mais ils ne changeoient plus.

(*e*) 7 grains *d'acide de tartre cryſtalliſé*, diſſouts dans 215 grains d'eau diſtillée & mêlés avec une goutte de diſſolution changeoient comme *b*, mais plus lentement. Après 72 heures, la couleur étoit verte, & après 144 d'un jaune peu ſenſible: ni les alkalis, ni d'autres moyens ne la reſtituoient. Il faut obſerver, que je n'entends pas ici la crême de tartre, mais ſon acide délivré de tout alkali & cryſtalliſé.

(*f*) 280 grains de bon *vinaigre* devenoient bientôt verds avec la goutte de la diſſolution, puiſque l'acide même tiroit un peu ſur le jaune. En quatre ſemaines, la teinte verte fut irréparablement perdue.

(*g*) 280 grains *d'acide des fourmis* diſtillé avec une goutte de la diſſolution, agit comme le vinaigre, mais plus lentement. Je n'ai pas encore fait d'eſſais avec cet acide non diſtillé, qui eſt plus huileux & opère alors, ſelon toutes les apparences, comme le vinaigre.

(*h*) 6 grains *d'alkali fixe cauſtique*, diſſouts dans deux cens quinze grains d'eau diſtillée, détruiſent bientôt la couleur bleue d'une goutte de la diſſolution, ſans que les acides puiſſent la rappeler. La décoloration paſſe par une teinte verte.

(*i*) 6 grains de *potaſſe blanche*, dans deux cens quinze grains d'eau diſtillée, ne cauſent aucun changement pendant pluſieurs ſemaines; mais une plus grande quantité de cet alkali attaque pourtant les molécules bleues, quoique lentement.

(*k*) 6 grains de *ſel de ſoude* avec autant d'eau ſe comportent de même.

(l) 6 grains *d'alkali volatil cauſtique* changent le bleu d'une goutte de la diſſolution en verd, & détruiſent auſſi cette dernière couleur en quelques heures.

(m) 6 grains *d'alkali volatil cryſtaliſé,* produit le même changement, mais il faut beaucoup plus de tems.

Il faut obſerver que les alkalis fixes bien mitigés, ſéparent de la teinture d'Indigo une poudre bleue très-fine, qui tombe très-lentement. Je diſtingue cette matière ſous le nom d'*Indigo précipité.* On le recouvre auſſi, en faiſant dégoutter la teinture dans de l'alcohol de vin, dans des diſſolutions ſaturées d'alun, de ſel de glauber ou de quelqu'autre, qui contient de l'acide vitriolique; mais la teinture reſte toujours un peu colorée.

(n) 16 grains de *ſel de glauber* avec deux cens quinze grains d'eau diſtillée, & une goutte de la diſſolution, tiroient un peu ſur le verd, après ſix ſemaines.

(o) 16 grains de *nitre* purifié ne changent pas.

(p) 16 grains de *ſel marin* purifié avec une goutte de la diſſolution, ne font aucun changement.

(q) 16 grains de *ſel ammoniac* purifié non plus. Il faut pourtant obſerver que ces ſels neutres ſéparent un peu d'Indigo précipité.

(r) 16 grains de *tartre tartariſé* verdiſſoient diſtinctement après trois jours : depuis la liqueur ſe moiſiſſoit & la couleur fut enfin effacée.

(ſ) 16 grains de *ſel microſcomique* verdiſſoient un peu après ſix ſemaines. Ce ſel contient eſſentiellement une portion d'alkali de ſoude, outre l'alkali volatil & l'acide de l'urine.

(t) 16 grains du *ſucre blanc* verdiſſoient diſtinctement après douze heures : après quatre jours, il ne reſtoit qu'une teinte jaunâtre très-foible.

(u) 16 grains *d'alun de Rome* purifié, ne cauſent aucun changement.

(x) 16 grains de *vitriol bleu*, ne faiſoient aucun changement.

(y) 16 grains de *vitriol verd* avec la quantité uſitée d'eau & une goutte de la diſſolution, verdiſſoient dans trois jours; &, après trois ſemaines, la couleur étoit entièrement mangée.

(z) 16 grains de *foie de ſoufre*, détruiſoient la couleur en deux ou trois heures.

(aa) 16 grains de *réalgar* ou *arſenic rouge*, n'excitoient aucune teinte verte, & la couleur ne fut aucunement altérée en ſix ſemaines.

(bb) 16 grains d'*arſenic blanc* ne faiſoit aucun changement.

(cc) 16 grains d'*orpiment*, de même.

(dd) Un grain de *magnéſie noire* détruiſoit la couleur bleue en quelques heures non-ſeulement d'une goutte de la diſſolution, mais auſſi de pluſieurs autres.

(ee) 17 grains de *garence* avec les deux cens quinze grains d'eau, tournoient bientôt la couleur bleue d'une goutte de la diſſolution en verd; en effet, cette drogue donne d'elle-même une teinte jaunâtre, qui reſtoit ſeule après vingt jours; la bleue étant tout-à-fait mangée.

(ff) 16 grains de *paſtel* ſe comportent de même, mais plus vîte.

§. 10. Les réſultats des Expériences précédentes ſont differentes, ſuivant les qualités des matières. Quelques-unes ne font aucun changement, comme l'acide de ſel, le nitre, le ſel marin, le ſel ammoniac, l'alun, le vitriol bleu, l'arſenic blanc, l'orpiment & le réalgar; ou au moins très-lentement, comme le ſel de Glauber & le ſel microſcomique. Toutes les autres détruiſent entièrement la couleur bleue; nous verrons pourtant qu'il y a une grande différence entr'elles,

parce que les unes mangent en soustrayant une portion de phlogistique, & les autres en fournissant une surabondance de la même matière. On reconnoît presque généralement que le phlogistique, comme principe des corps, est la cause principale de leur couleur, en modifiant le passage & la réflexion de la lumière; la diminution & l'augmentation de cette substance colorante n'est donc pas indifférente. Examinons premièrement les matières qui dévorent le phlogistique, dont nous n'avons employé ici que deux, l'acide nitreux & la magnésie noire.

L'*acide nitreux* concentré, est un des plus puissans aimans de phlogistique, s'en charge aisément, devient alors jaunâtre jusqu'au rouge foncé, poussant des fumées rougeâtres. Prenons l'acide nitreux nouvellement tiré du nitre purifié moyennant l'acide vitriolique concentré; distillons dans une retorte un peu haute, très-lentement, nous verrons l'acide se décolorer peu-à-peu, & enfin devenir comme de l'eau, mais beaucoup plus âpre qu'il n'étoit auparavant. Cet acide, ainsi purifié, redevient coloré par la moindre portion de phlogistique, & recouvre les proprietés mentionnées. En assemblant les vapeurs chassées pendant la distillation dans une bouteille renversée & pleine d'eau, on aura un fluide élastique, transparent, & sans couleur, connu aujourd'hui sous le nom d'*air nitreux*, qui n'est autre chose qu'une portion d'acide nitreux unie au phlogistique, & par-là devenue élastique. Cette assertion est appuyée sur des faits constans : l'acide nitreux décoloré de la manière décrite, gagne de rechef de la couleur par l'attouchement des matières qui contiennent du phlogistique, & qui le retiennent plus foiblement, que ne fait l'acide nitreux; mais cette substance colorante chassée, lavée & assemblée, fait l'air nitreux. Voilà la synthèse. De l'autre côté, l'air nitreux peut facilement être decomposé par l'introduction d'une quantité suffisante d'air athmosphérique, dont la partie pure a plus d'affinité avec le phlogistique, que ne l'a l'acide nitreux qui, en perdant le phlogistique, perd aussi son élasticité & peut être recueilli dans l'eau distillée, qui environe le mélange

dans des vaiſſeaux clos. Ce paſſage du phlogiſtique de l'acide dans l'air, ſe fait avec un petit frémiſſement & une coloration rougeâtre paſſagère. Voilà l'analyſe.

En conſidérant tout cela, on peut facilement concevoir pourquoi l'acide nitreux mange preſque toutes les couleurs, & entr'autres celle de l'Indigo (§. 9, *c*,) comme nous le verrons bientôt plus en détail (§§. 13, 14.)

La *magnéſie noire* (Minéral. de *M. Cronſtedt*, §. 116,) qui eſt employée dans nos verreries, n'eſt que la chaux d'un métal, différent, ſelon toutes les apparences, des autres connus. Celle-ci attire le phlogiſtique encore plus fortement que ne fait l'acide nitreux pur; car ſi on en met une doſe proportionnée dans l'acide nitreux non coloré, elle reſte ſans être preſqu'aucunement entamée, au-lieu qu'une égale portion d'acide nitreux phlogiſtiqué diſſout la poudre de la magnéſie parfaitement, perdant en même tems ſa couleur, puiſque le phlogiſtique s'attache à cette chaux & la fait diſſoluble. L'acide nitreux pur fait de même, en y ajoutant un peu de ſucre, d'huile ou d'autre matiere qui peut fournir une quantité ſuffiſante de phlogiſtique. On voit donc évidemment pourquoi la couleur eſt mangée dans notre Expérience, & pourquoi la quantité de magnéſie employée peut encore détruire le bleu d'un grand nombre de nouvelles gouttes de la diſſolution; mais la liqueur devient de plus en plus brunâtre, & enfin preſque opaque.

§. 11. Les autres matières, qui détruiſent la couleur bleue, le font en fourniſſant plus de phlogiſtique qu'il ne faut pour le bleu, & je vais tâcher de prouver cette aſſertion. D'abord il eſt bien hors de doute que les matieres en queſtion contiennent beaucoup de phlogiſtique. L'acide du tartre donne, par la diſtillation, une vraie huile. Le vinaigre & l'acide des fourmis ſont auſſi huileux, principalement le premier non diſtillé, & c'eſt ſans doute la raiſon pourquoi le vinaigre fait plutôt le changement décrit que l'acide des fourmis qui étoit diſtillé. Le ſucre eſt aſſez huileux pour pouvoir brûler avec de la flamme.

Le sel végétal ou tartre tartarisé, contient l'alkali végétal saturé avec du tartre, & le tartre même le plus pur, est toujours contaminé d'huile. L'acide vitriolique phlogistiqué, connu ordinairement sous le nom d'esprit volatil de soufre, le foie de soufre & le vitriol verd, prouvent bien clairement qu'il n'est pas nécessaire que le phlogistique soit dans une combinaison huileuse, étant ici très-pur, & faisant néanmoins le même effet. Le vitriol de fer a beaucoup de phlogistique tandis qu'il est verd & cristallisable; mais le vitriol bleu n'est que la chaux de cuivre unie à l'acide vitriolique, comme on peut facilement s'en convaincre; car la chaux de cuivre se dissout aisément dans l'acide vitriolique, donnant le véritable vitriol de Chypre, au-lieu que le cuivre en état métallique n'est attaqué qu'en employant une grande chaleur, moyennant laquelle une partie de l'acide vitriolique peut se charger du phlogistique & l'emporter.

Enfin la garance & le pastel, comme drogues colorantes, abondent nécessairement en phlogistique.

Mais comment une surcharge de phlogistique peut elle d'abord changer le bleu en verd, & ensuite effacer même cette dernière couleur? Prenons une quantité déterminée d'acide nitreux, préparé à la manière de Glauber; ajoutons-y dans un flacon environ $\frac{1}{4}$ en mesure d'eau distillée plus ou moins selon la concentration de l'acide, & nous verrons la liqueur devenir verte; ajoutons plus d'eau, la couleur s'éclaircira & devient enfin bleue quand le volume d'eau égale ou surpasse un peu celui de l'acide; en augmentant ensuite l'eau, le bleu se délaie & s'efface enfin tellement que le mêlange paroît être d'eau seule.

En ajoutant l'eau ici on ne fait, je crois, que répandre l'air nitreux dans un plus grand volume. Donc cette combinaison élastique d'une portion d'acide avec le phlogistique produit dans une certaine densité du brun rougeâtre qui, convenablement dilatée, devient successivement jaune, verd & bleu,

exactement selon l'ordre des couleurs prismatiques. Il ne faut pourtant pas conclure delà que toute variation des couleurs dépend de la différente densité du phlogistique. Il est vrai que le mélange des molécules bleues & jaunes, produisant du verd, paroît s'y accorder, puisque la densité des parties bleues avec celle des parties jaunes, qui est plus grande, font naturellement ensemble une densité mitoyenne ou celle de la verdure; mais la Nature fait souvent naître le même effet par des voies très-différentes; il peut donc arriver qu'outre la densité il y a quelque diversité dans la qualité ou dans l'ébranlement de la matière phlogistique qui produisent aussi la différence des couleurs. Ce que j'espère avoir prouvé, c'est que la densité seule peut quelquefois y suffire.

Donc, puisque le verd peut visiblement changer en bleu par la raréfaction de la matière phlogistique, il faut réciproquement que le verd puisse naître par la condensation, ou, ce qui revient au même, par l'augmentation de phlogistique dans un volume bleu. Nous avons déjà démontré que, dans tous nos cas, des changemens du bleu en verd il y a une surabondance de phlogistique; j'espère donc qu'on ne doutera pas de cette partie de l'assertion.

Mais comment la couleur verte est-elle détruite? Il est bien vrai que la liqueur devient jaunâtre, après l'abolition de la verdure; on pourroit donc croire que la quantité de phlogistique étant successivement développée, devient plus que suffisante pour la verdure, & par-là cause enfin le jaune selon l'ordre des couleurs; mais, quoique cette explication soit très-plausible, j'ai pourtant peur qu'elle n'ait pas ici la véritable. Il faudroit alors que cette couleur jaune pût revenir en verte & même en bleue par la diminution proportionnée du phlogistique, & c'est en cela que jusqu'ici je n'ai pas réussi, ni par l'acide nitreux, ni par la magnésie noire. Il me semble donc qu'il y a ici une dissipation de la matière inflammable. La portion, qui est développée des matières ajoutées étant attirée par les molé-

cules bleues, fait une accumulation de phlogiſtique, mais dont les parties ont une cohérence beaucoup plus lâche qu'auparavant, & c'eſt pourquoi ces atomes volatils ſont facilement diſſipés étant expoſés à l'air libre, qui les attire aſſez puiſſamment pour les arracher à l'acide nitreux même.

L'autorité de M. *Hellot* eſt d'un grand poids en matière de teinture; mais je n'ai pu, il faut l'avouer, me perſuader que ſon explication de la fixité des couleurs ſoit généralement la véritable. On ſait fort bien que ni le tartre vitriolé, ni le tartre ne ſont capables d'empêcher les changemens en beaucoup de cas. Il eſt vrai que les couleurs doivent néceſſairement varier ſi les parcelles colorantes ſe détachent ſucceſſivement; mais je ſuis auſſi aſſuré que ces parcelles peuvent reſter & leurs couleurs pourtant s'affoiblir. N'eſt-il pas très-probable que leur phlogiſtique, qui eſt la cauſe principale de la couleur, ſoit quelquefois aſſez lâchement combiné avec les autres principes pour être plus ou moins diſſipé par les rayons du ſoleil? On connoît le pouvoir des corps à reſſort. Une corde vibrante en excite d'autres dans les environs, qui ſont d'une tenſion & d'une longueur convenable. Il eſt donc vraiſemblable que les rayons directs, & quelquefois la lumière ſeule, ébranlent tellement le phlogiſtique engagé, étant eſſentiellement très-élaſtique, qu'il briſe en peu de temps ſes entraves. L'air pur attire encore avec une force très-grande le phlogiſtique; il peut donc, ſoit ſeul, ſoit aidé par la chaleur qui augmente la volatilité, ou par les rayons dardés du ſoleil qui excitent des vibrations trop fréquentes, enfin rompre ſes liens.

§. 12. *L'acide nitreux* un peu concentré, attaque l'Indigo violemment, excitant beaucoup de chaleur & de mouſſe. Trop ſerré dans un flacon bien bouché, il le fait éclater avec exploſion. Si l'acide eſt très-fort, l'Indigo s'embrâſe. L'acide convenablement affoibli, par de l'eau, prend d'abord une teinte jaunâtre, qui depuis brunit de plus en plus; les morceaux un peu grands deviennent légers & ſpongieux; leur couleur naturelle

naturelle change peu-à-peu en ferrugineuſe, ſans pouvoir donner du bleu davantage.

Le réſidu, après cette opération, étant bien ſéché, a l'apparence de terre d'ombre, & ne fait que le tiers de l'Indigo. De l'eau en diſſout quelque portion; mais il faut beaucoup d'eau pour l'épuiſer, & elle ſe colore en jaune brunâtre. Quand l'eau ne l'attaque plus, l'eſprit-de-vin en eſt coloré en rouge, & la leſſive d'alkali fixe en jaune brunâtre.

§. 13. L'acide nitreux, après avoir agi ſur l'Indigo, ſe trouve beaucoup affoibli par le phlogiſtique & les matières diſſoutes. L'alkali fixe en précipite un peu de fer calciné, mêlé avec de terre peſante & calcaire (§. 27); mais, en ajoutant trop d'alkali une portion du précipité ſe rediſſout faiſant la couleur plus foncée qu'elle n'étoit auparavant. L'alkali phlogiſtiqué produit du bleu de Pruſſe.

La teinture du réſidu faite par de l'eau, donne avec tous les acides un précipité ſpongieux, qui ne ſe diſſout totalement ni par les alkalis, ni par l'eſprit-de-vin, ni même par l'eau, quoique la teinture évaporée juſqu'à ſiccité ſoit aiſément rediſſoute. On ſait que la matière caſeuſe du lait une fois ſéparée moyennant quelque acide, reſte de même indiſſoluble. L'alkali, ſoit ordinaire, ſoit phlogiſtiqué, ne précipite rien. Cette teinture aqueuſe ne diffère donc de la décoction d'Indigo (§§. 2, 3), que par une couleur plus gaie.

La teinture rouge ſpiritueuſe ſe décompoſe avec l'eau; mais la teinture alkaline jaune brunâtre s'y mêle ſans aucune précipitation, & la tranſparence même n'eſt pas endommagée, quoique la couleur change un peu.

On voit donc que l'acide nitreux un peu fort, agit tout autrement que ne fait l'acide vitriolique: au-lieu de diſſoudre les molécules bleues, il les détruit parfaitement; mais, étant trop délayé par de l'eau, l'avidité pour le phlogiſtique eſt tellement appaiſée, qu'il ne peut attaquer que le terreux (§§. 27, 31),

& la matiere mucilagineuſe, qui le colore en brun jaunâtre, & qui eſt également diſſoute par tous les acides plus ou moins forts.

On peut ſe ſervir d'acide nitreux, qui a volé le phlogiſtique d'Indigo, & qui s'eſt en même tems chargé d'une portion du mucilagineux pour teïndre de la laine & de la ſoie très-ſolidement en jaune de nuances très-différentes.

§. 14. *L'acide marin* en digeſtion & même en bouillant avec de l'Indigo le mieux porphyriſé, ne fait autre effet que de ſe charger du terreux, du fer (§. 31), & d'un peu de matière gommeuſe, qui le colorent en brun jaunâtre, mais ſans attaquer en aucune manière la couleur bleue. Si l'Indigo eſt précipité de l'acide vitriolique (§. 9, *m*), alors l'acide marin en diſſout une certaine quantité très-facilement donnant une liqueur bleue foncée.

La magnéſie noire, dont nous avons déja parlé plus d'une fois à l'égard de la grande force avec laquelle elle attire le phlogiſtique, nous ſervira encore ici. Cette matière montre bien clairement que le phlogiſtique entre comme principe conſtituant dans l'acide marin. En digérant de l'acide marin le plus pur d'une peſanteur ſpécifique environ comme 1, 110 avec la moitié en poids de magnéſie noire dans une retorte, on en verra bientôt ſortir une vapeur élaſtique rougeâtre, qui a l'odeur d'eau régale un peu chaude, mais qui examinée ne donne pas la moindre parcelle d'acide nitreux, comme on peut facilement s'en convaincre en la combinant avec des alkalis. Cette vapeur attaque preſque toutes les matières qui ont du phlogiſtique, ſe raſſaſie de ce principe, & redevient l'acide marin ordinaire. Ce n'eſt pas ici qu'il faut détailler ces expériences; il ſuffit à cette heure de dire que la vapeur rougeâtre, qui eſt l'autre principe de l'acide marin, & qu'on peut appeler *l'acide marin déphlogiſtiqué*, étant engagée avec de l'Indigo détruit en peu de temps ſa couleur bleue, le fait

brun jaunâtre, & en même tems ſe ſature ſuffiſamment du phlogiſtique, & reparoît ſous la forme d'acide marin ordinaire.

§. 15. Les autres acides, comme le *vinaigre*, ceux de *tartre*, des *fourmis* & de *phoſphore* ſe comportent avec de l'Indigo comme l'acide marin ordinaire; ils deviennent brunâtres, mais ſans ſe charger des molécules bleues: au contraire, ils diſſolvent fort bien l'Indigo précipité, & nous avons déja remarqué que les acides huileux détruiſent peu-à-peu la couleur bleue (§. 9, *e*, *f*, *g*.)

L'Indigo avec des alkalis.

§. 16. L'ALKALI DE TARTRE cauſtique ou bien privé d'air fixe, ne donne avec de l'eau & de l'Indigo en poudre qu'une lie noirâtre & opaque, même en bouillant. Si l'alkali eſt moins âcre, comme la potaſſe ordinaire, la liqueur devient brune, opaque. Si on verſe quelque acide après avoir filtré, une matière ſpongieuſe & brunâtre ſe détache. Ce précipité ſe diſſout dans l'eſprit-de-vin.

En digérant ou faiſant bouillir la même poudre pluſieurs fois dans des leſſives alkalines nouvelles, elle donne ſucceſſivement des diſſolutions verdâtres de plus en plus pauvres, qui pourtant ſe laiſſent précipiter par des alkalis, comme la première. Enfin la poudre d'Indigo s'épuiſe, & la matière bleue reſte peu diminuée, étant encore chargée de fer & des terres qui entrent dans la compoſition d'Indigo, comme nous le verrons bientôt.

L'Indigo précipité eſt diſſout promptement & à froid dans une leſſive alkaline; mais ſi l'alkali fixe eſt cauſtique, la couleur bleue change peu-à-peu en verte, qui s'affoiblit auſſi ſucceſſivement juſqu'à s'évanouir entièrement, ſans pouvoir revenir ni par les acides, ni par aucun autre moyen. J'ajoute de l'Indigo précipité peu-à-peu juſqu'à obtenir une teinture foncée, mais pourtant tranſparente pour mieux obſerver les changemens.

L'alkali végétal cryſtalliſé ou pleinement mitigé, ne gâte pas la couleur bleue, au moins il agit très-lentement.

§. 17. *L'alkali fixe minéral* ſe comporte avec de l'Indigo de même que l'alkali fixe végétal, étant ſeulement un peu moins fort.

§. 18. *L'alkali volatil* n'attaque non plus l'Indigo porphyriſé à l'égard des molécules bleues; il extrait ſeulement les parties qui donnent la teinture brunâtre; mais l'Indigo précipité eſt très-bien diſſout, & enfin toute la couleur bleue eſt mangée en paſſant par le verd. L'alkali volatil cryſtalliſable, c'eſt-à-dire ſaturé d'air fixe, produit le même changement, mais avec plus de lenteur. En faiſant l'expérience dans des vaiſſeaux remplis & bien bouchés, la couleur bleue eſt également détruite; mais il arrive quelquefois que la liqueur recouvre dans l'air libre un peu de verdure, mais c'eſt ſeulement pour peu de tems; elle s'évanouit de nouveau ſans ſe laiſſer reproduire ni par les acides, ni par aucun autre moyen.

§. 19. *L'eau de chaux* agit comme l'alkali volatil. Il eſt vrai qu'elle paroît entamer un peu la poudre d'Indigo; mais ſon action ne s'étend que lentement ſur une portion très-petite, & n'eſt encore que peu viſible. L'Indigo précipité eſt facilement diſſout, produit bientôt de la verdure, & change enfin en brun jaunâtre. Puiſque l'eau de chaux ſe détruit à l'air libre, il faut faire ces eſſais dans des vaiſſeaux clos. Si l'air eſt bien exclu, la diſſolution jaunâtre recouvre un peu de verdure dans l'air libre pour le perdre de rechef, comme il a déja été remarqué à l'égard de l'alkali volatil.

§. 20. Il n'eſt pas difficile d'expliquer ces phénomènes. Les alkalis ſeuls n'ont point de priſe ſur les molécules bleues, au moins ils agiſſent inſenſiblement; mais une diviſion plus parfaite, que n'en peut produire la porphyriſation les rend propres à être entamées. L'alkali volatil eſt eſſentiellement doué d'aſſez de phlogiſtique pour produire la verdure & même ſa déper-

dition; mais comment les alkalis fixes & la chaux opèrent-ils également ? Il faut premièrement obſerver que les alkalis fixes cryſtalliſés ne peuvent provoquer ces changemens. Pour les alkalis cauſtiques, ils contiennent réellement du phlogiſtique. En les ſaturant avec quelque acide une chaleur très-ſenſible eſt excitée, ce qu'on n'obſerve jamais avec les alkalis fixes parfaitement mitigés. Il en eſt de même avec la chaux; elle perd dans le feu ſon air fixe; mais elle attire en même temps de la matière qui cauſe une véritable chaleur lorſqu'on jette de la chaux fraîche dans de l'eau ou dans de l'acide. Cette matière de chaleur contient toujours du phlogiſtique, mais ne change qu'en délogeant ou regagnant ſa liberté : tandis qu'elle reſte attachée à la chaux moyennant une certaine affinité, elle eſt comme cachée, de même qu'une matière ſaturée d'une autre; mais l'eau & les acides ont plus d'affinité avec la chaux; elle eſt donc chaſſée, miſe en liberté, ou au moins entrée dans une nouvelle combinaiſon avec de l'air pur.

Les alkalis fixes deviennent cauſtiques moyennant la chaux, & cela ſe fait par un double échange; la chaux arrache l'air fixe & laiſſe la matière de la chaleur aux alkalis. On voit donc que la verdure & ſon abolition ſont encore ici cauſées par le phlogiſtique; car, quoique la matière de la chaleur ne ſoit pas le phlogiſtique ſeul, il en contient pourtant eſſentiellement. A la vérité les alkalis fixes donnent, avec l'acide de ſel déphlogiſtiqué, les mêmes ſels que l'acide de ſel ordinaire; & puiſque l'acide déphlogiſtiqué ne peut être reſtitué que par le phlogiſtique, ces phénomènes montrent évidemment que les alkalis fixes ont par eux-mêmes un peu de phlogiſtique, mais qui eſt inſuffiſant pour les changemens mentionnés, étant ou trop lié ou en quantité trop petite.

Il reſte encore à faire voir, comment la reproduction de la verdure dans l'air libre s'accorde avec notre explication générale. Je conçois la raiſon du phénomène de la manière ſuivante. L'alkali volatil & la chaux ont aſſez de phlogiſtique,

non-ſeulement pour faire naître la verdure, mais auſſi pour former du blanc diaphane dans un vaiſſeau rempli & bien bouché, de même que le font les couleurs priſmatiques réunies. En expoſant enſuite la diſſolution à l'air libre, celui-ci arrache par le premier contact tant de phlogiſtique, que le reſte ne ſuffit que pour une foible verdure, qui s'efface auſſi en très-peu de tems, toute cette aggrégation du phlogiſtique étant ici propre à ſe diſſiper entièrement. Cette explication s'éclaircit par beaucoup d'autres faits. L'acide vitriolique donne, avec de la magnéſie noire moyennant de la chaleur, une diſſolution imparfaite, rougeâtre; mais, en ajoutant du ſucre ou quelqu'autre matière, qui peut fournir la doſe néceſſaire de phlogiſtique, la liqueur devient bientôt dépourvue de toute couleur, comme de l'eau claire. On ſe ſert de magnéſie noire pour décolorer le verre, une doſe proportionnée trouve du phlogiſtique pour ſe ſaturer, & c'eſt par-là que la maſſe fondue eſt décolorée. Cela ſaute aux yeux en fondant au chalumeau ſur un charbon, un peu de ſel microcoſmique avec une mie de magnéſie noire : on obtient une petite boule tranſparente, mais de couleur cramoiſie. En tenant cette boulette fondue pluſieurs minutes de ſuite, on peut enfin la décolorer complétement par le phlogiſtique, qui eſt attiré du charbon pendant l'opération, mais touchant la maſſe encore fluide par un peu de nitre, la couleur rouge revient au moment; c'eſt parce qu'une portion de phlogiſtique ſe brûle. Si on tient la boule colorée fondue ſur une plaque d'argent, la couleur perſiſte, ne pouvant gagner ce qui manque pour diſparoître. Tout cela confirme bien viſiblement mon ſentiment. A l'égard de la couleur brunâtre, qui reſte après l'abolition de la couleur bleue & verte, il faut obſerver qu'elle dépend de la matière extractive qui eſt colorée d'une manière à ne point changer ici. Cette teinte, jaunâtre ou brunâtre ſelon la quantité de la matière extractive, eſt comme étouffée par le bleu & le verd, ne paroiſſant qu'après leur évanouiſſement.

L'Indigo examiné par la voie de fermentation.

§. 21. Pour procéder avec ordre, je commençois par le cas le plus ſimple. Je mêlois une once d'Indigo en poudre avec huit onces d'eau diſtillée dans une cucurbite ouverte, la laiſſant légèrement couverte d'une feuille de papier pour empêcher les parcelles voltigeantes dans l'air d'y tomber. C'étoit dans le mois de Juillet, que je faiſois cette Expérience & les ſuivantes : la liqueur du thermomètre de M. de *Réaumur*, montoit le plus ſouvent juſqu'à 26 degrés. Le vaiſſeau étoit placé dans un coin de mon cabinet, où il n'étoit pas expoſé aux rayons du ſoleil. Je l'examinois ſoigneuſement pendant quatre ſemaines, mais ſans remarquer autre changement que celui de l'eau, qui devenoit brunâtre : point de mouvemens tumultuaires inteſtins, point de gonflement, point d'odeur piquante qui indiquaſſent quelque fermentation. Enfin, après pluſieurs jours, une mauvaiſe odeur commençoit à ſe faire ſentir.

L'eau brunâtre faiſoit bleuir un papier teint d'abord bleu avec du tourneſol & depuis rougi par quelque acidité affoiblie, & qui alors eſt preſque auſſi ſenſible pour le plus foible alkali, comme ſa couleur bleue l'eſt pour l'acidité. D'ailleurs cette eau ſe comportoit comme la décoction d'Indigo (§§. 2, 3.)

Je recommençois la même opération avec cette ſeule différence, que l'eau fut tiède; mais le réſultat fut le même.

§. 22. Puiſque l'Indigo refuſoit de fermenter ſeul, je fis un autre eſſai avec des portions ſemblables, ajoutant ſeulement une demi-once de ferment dont on ſe ſert pour la biere. Le jour ſuivant, quelques nuages de moiſiſſure ſe montroient à la ſurface, qui s'augmentoient juſqu'à faire une couverture toute entière. La liqueur paroiſſoit un peu louche & verdâtre, mais ne donnoit aucun ſigne de fermentation. Le cinquième jour, il en ſortoit une puanteur très-mauvaiſe.

§. 23. Je répétai encore, pour la quatrième, fois l'Expé-

rience avec les mêmes doſes; mais, au-lieu du ferment, je me ſervis de la matière glutineuſe, tirée de la farine de froment; je ne remarquai pourtant point de différence notable, ſinon que la liqueur devenoit moins verdâtre, & la couverture moins velue, que dans l'Expérience précédente.

§. 24. Enfin je pris trois pintes de diſſolution de malt fait avec de l'eau chaude, & propre à faire de la biere; j'y mêlois une demi-once d'Indigo en poudre & deux onces de ferment ordinaire. Cette liqueur, qui avoit 28 degrés de chaleur, fut miſe en repos & fermentoit comme à l'ordinaire, ſans que je puſſe y remarquer aucune différence, ſinon que la biere moiſiſſoit après quelques jours, à-peu-près comme dans les Expériences décrites.

§. 25. Nous voyons donc que l'Indigo n'eſt pas propre à donner des ſpiritueux par la fermentation : les parties extractives ſubiſſent plutôt une ſorte de putréfaction, mais qui n'eſt pas complète, parce que la liqueur ſe comporte depuis comme la décoction (§§. 2, 3). Néanmoins, les molécules bleues ſont plus ou moins gâtées, même un peu par l'eau ſeule (§. 21) : il eſt vrai que la couleur bleue n'eſt pas abſolument détruite, mais en diſſolvant des portions égales des réſidus, qui ont ſubi les opérations décrites, par des quantités égales d'acide vitriolique, on trouve les diſſolutions de l'Indigo, qui reſte après la fermentation (§§. 22, 24), beaucoup plus foibles que les autres, qui ſemblent avoir très-peu ſouffert, quoique l'une ait été mêlé avec de la matière glutineuſe de froment (§. 23).

L'Indigo ſoumis à l'action du feu.

§. 26. En exposant un petit morceau d'Indigo à l'action du feu dans un creuſet ouvert, ou dans un têt à rôtir, ſous la mouffle, on voit qu'il commence à fumer, à ſe gonfler, à rougir, & même quelquefois à s'enflammer, donnant une flamme blanche. Pour brûler tout ce qu'il contient de combuſtible,

buſtible, il faut le pulvériſer, & encore remuer la poudre bien rougie. Je n'ai trouvé aucun Indigo qui ſe diſſipât entièrement; il reſte toujours de la cendre, ſoit griſe de l'Indigo qui eſt d'une bonté médiocre, ſoit ferrugineuſe de l'Indigo le plus choiſi. 100 parties d'Indigo donnent 33 à 34 de cendre, ou 196 grains par once.

La fumée qui en ſort, pendant la combuſtion, eſt rougeâtre, tirant un peu ſur le bleu. Si le feu eſt augmenté très-lentement, l'Indigo en poudre ne s'allume pas diſtinctement; mais, après que toute fumée a ceſſé, on voit une petite flamme très-légère & blanchâtre voltiger à la ſurface.

§. 27. Ces cendres ne donnent point d'alkali fixe végétal étant leſſivées avec l'eau diſtillée; mais l'eau devient pourtant alkaline par la diſſolution *d'un peu des terres brûlées*. En les noyant dans l'acide marin, on voit diſtinctement une petite effervescence; la plus grande partie ſe diſſout, mais environ $\frac{1}{11}$ reſte, qui n'eſt atteint par aucun des acides ayant toutes les qualités d'une terre quartſeuſe, parce qu'une partie eſt rendue diſſoluble dans l'eau bouillante par 6 d'alkali de tartre, & avec la moitié d'alkali fixe, elle donne moyennant le feu, du verre ordinaire.

La diſſolution faite avec l'acide marin, produit du bleu de Pruſſe en y mêlant de l'alkali flogiſtiqué: on en obtient 30 à 32 grains par once d'Indigo; mais puiſque le bleu de Pruſſe ſans alun étant calciné à devenir rougeâtre, perd $\frac{34}{100}$, cela ne fait en chaux de fer, que 18 à 20 grains. Pour ſéparer les quatre terres diſſolubles que nous connoiſſons aujourd'hui, en cas que deux ou pluſieurs ſoient mêlées enſemble, je me ſers de la méthode ſuivante: je précipite premièrement avec de l'alkali volatil cauſtique, qui fait tomber l'argile & la magnéſie blanche, ſi l'une ou toutes deux ſont préſentes: la terre calcaire & celle du ſpath peſant reſtent, s'il en eſt quelque portion dans la diſſolution; mais il faut un alkali volatil abſolument cauſtique ou délivré de tout air fixe; car autrement ces dernières terres ſont auſſi

précipitées, moyennant une affinité double : je diſſous le précipité par quelque acide, & fais bouillir un peu la diſſolution avec de la craie, qui décompoſe pleinement le ſel argilleux, ſans entamer celui qui a la magnéſie pour baſe : il faut ſoigneuſement éviter la chaux qui précipite l'un & l'autre ; mais la craie étant raſſaſiée d'air fixe, n'a de priſe que ſur la combinaiſon argilleuſe.

Quand l'alkali volatil cauſtique ne précipite plus rien, j'ajoute du ſel de ſoude en cryſtaux, qui dégage, par une double décompoſition & la terre calcaire, & celle du ſpalth peſant. Pour les avoir à part, en cas qu'elles ſoient mêlées, je diſſous le précipité par l'acide marin, & laiſſe évaporer à ſiccité ; je pulvériſe la maſſe deſſéchée, & l'expoſe à l'air humide, alors le ſel calcaire ſe ſépare par déliqueſcence, l'autre n'étant que très-peu diſſoluble.

En traitant les cendres de cette façon, j'ai trouvé qu'elles contiennent par once d'Indigo, 59 grains de terre peſante, 58 de terre calcaire, 11 de poudre quartſeuſe, & environ 59 de fer calciné : j'entends par terre peſante, celle qui fait la baſe du ſpalth peſant, & qui differe eſſentiellement de la terre calcaire, puiſqu'elle donne avec de l'acide vitriolique, le ſpalth peſant, avec de l'acide nitreux & marin des ſels cryſtalliſables, & avec le vinaigre, un ſel déliqueſcent. Pour ſéparer le plus commodément les matières mêlées dans les cendres d'Indigo, il faut les diſſoudre par du vinaigre diſtillé, qui n'attaque ni le quarts ni la chaux martiale : la diſſolution doit être évaporée juſqu'à ſiccité, & cette maſſe expoſée convenablement à l'air humide, donne, par déliqueſcence, la partie du vinaigre qui eſt ſaturée avec de la terre peſante : le quarts & le fer calciné, ſont facilement ſéparés par l'acide marin.

§. 28. En jetant de l'Indigo en poudre ſur le nitre fondu ; ou en ſemant de l'Indigo mêlé avec du nitre dans un creuſet bien rougi, on obſerve une détonation très-violente, qui

prouve clairement l'abondance de phlogiſtique dont la préſence eſt bien hors de doute par beaucoup d'autres indices non équivoques.

§. 29. Après avoir ſoumis l'Indigo à l'action du feu dans l'air libre, il faut encore l'examiner dans des vaiſſeaux clos. Pour avoir toutes les diverſes matières à part, qui ſe ſéparent de notre drogue en le diſtillant, j'ai fait cette opération moyennant une cornue de verre à long bec, à l'extrémité de laquelle j'ai adapté un petit récipient, dont le fond étoit percé & pourvu d'un tuyau recourbé en haut: cet appareil fut tellement placé, que l'ouverture du tuyau recourbé, étoit un pouce deſſous la ſurface de l'eau, dans un vaiſſeau de figure convenable: ſur l'ouverture du tuyau, fut placé le goulot d'une bouteille renverſée & pleine d'eau, afin de recevoir le fluide élaſtique qui ſortoit de la matière brûlée.

Quand tout cela étoit préparé, comme il falloit, je faiſois allumer du feu; l'augmentant par degrés, d'abord quelques grandes bulles d'air montoient dans la bouteille renverſée, qui n'étoient autre choſe que l'air des vaiſſeaux dilaté par la chaleur; mais bientôt des bulles très-petites ſortoient rapidement par l'ouverture du tuyau, & continuoient juſqu'à la fin de l'opération. Au commencement un peu de flegme s'aſſembloit dans le récipient: quand le feu fut augmenté juſqu'à ſurpaſſer la chaleur de l'eau bouillante, on voyoit s'élever une fumée rougeâtre tirant ſur le bleu, qui teignoit la voûte de la cornue, mais qui, à cauſe de la longueur du col, n'atteignoit pas le récipient; enfin je pouſſois le feu juſqu'à faire fondre le fond de la cornue.

§. 30. Examinons maintenant les matières détachées. Le fluide élaſtique aſſemblé dans une ou pluſieurs bouteilles, ſelon la quantité d'Indigo, en paſſant par l'eau de chaux, la troubloit en précipitant une véritable terre calcaire; il rongeoit la teinture de tourneſol, éteignoit en un moment la flamme d'une chandelle, & faiſoit mourir un petit oiſeau;

c'étoit donc de l'air fixe, & l'Indigo en avoit donné environ une pinte, ou dix-neuf grains en poids par once.

La liqueur aſſemblée dans le récipient, étoit jaunâtre, peſant environ 173 grains pour chaque once d'Indigo : elle faiſoit bleuir & rougir enſuite le papier teint par le tourneſol, contenant environ trois à quatre grains d'alkali volatil huileux.

L'huile étoit tenace, preſque noire, & ne montroit aucune rougeur, qu'étant étendue très-mince ſur du verre : elle avoit tout-à-fait l'odeur d'huile empyreumatique de tabac, ſe diſſolvoit fort bien dans l'eſprit-de vin, lui donnant une rougeur un peu ſombre & preſque noire opaque, par la ſaturation.

La poudre d'Indigo au fond de la cornue, étoit charbonneuſe, peſante pour chaque once d'Indigo, environ 331 grains qui, par une calcination complète dans l'air libre, ſe réduiſent à 158 grains. Puiſque le réſidu charbonneux avec le flegme alkalin & l'air fixe fait 523 grains, il faut que l'huile empyreumatique peſe 53 grains : je n'ai pu eſtimer autrement ſa quantité, car elle s'applique fortement aux vaiſſeaux.

La compoſition de l'Indigo.

§. 31. En comparant les réſultats de nos recherches précédentes, on peut aiſément déterminer les parties conſtituantes de l'Indigo : il y a quelque différence dans les proportions, mais qu'on peut négliger ici dans l'examen du bon Indigo, dont on ſe ſert ordinairement : voici une analyſe ſuivie de 100 parties.

Partie mucilagineuſe ſéparable moyennant de l'eau,	12	(§. 2.)
L'eſprit-de-vin bien rectifié détache des parties réſineuſes	6	(§. 5.)
Du vinaigre diſtillé diſſout la partie terreuſe, mais n'attaque pas le fer, qui eſt ici en forme de chaux,	22	(§. 15.)
L'acide marin emporte le fer calciné,	13	
	53	

Les 47 parties reſtantes, après ces opérations, ne ſont que des molécules bleues preſque pures: je les ai diſtillées à la manière décrite (§. 29.) Elles m'ont donné d'air fixe 2, de liqueur alkaline 8, de l'huile empyreumatique 9, & de charbon 23. Le charbon brûlé en air libre, préſente quatre parties de terre de couleur de brique, dont environ la moitié eſt de fer calciné, & le reſte une poudre quartſeuſe infiniment ſubtile: je trouve un peu plus de fer par cette méthode, qu'en brûlant l'Indigo d'abord dans un vaiſſeau ouvert (§. 27); mais cette différence dérive probablement de l'Indigo même.

§. 32. La preuve la plus complète d'une analyſe, eſt la recompoſition, mais il faut avouer que l'art n'y peut atteindre à l'égard des matières végétales & animales; la raiſon en eſt que l'art ne peut imiter la ſtructure organique, qui le plus ſouvent produit des combinaiſons, qui ne ſe peuvent faire autrement: nonobſtant cet obſtacle, j'ai été aſſez téméraire pour tenter la recompoſition de l'Indigo, & ſi je n'ai pas encore réuſſi parfaitement, j'ai au-moins aſſez vu pour croire ce problême ſoluble, & nous aurons certainement tôt ou tard des Fabriques d'Indigo en Europe, ſans avoir beſoin d'acheter chèrement cette drogue dans les Indes: les molécules bleues ſont les parties eſſentielles, les autres étant ou étrangères, ou tout au plus la matrice qui les a réunies: l'art nous préſente journellement deux matières qui ont la convenance la plus marquée avec les molécules bleues d'Indigo, & il n'eſt pas hors de propos de les comparer ici; ces deux matières ſont l'encre & le bleu de Pruſſe.

Ces trois drogues conviennent en couleur: l'Indigo, l'encre bien lavée & le bleu de Pruſſe ſans alun, ſont d'un bleu noir; l'acide vitriolique n'attaque pas le bleu de Pruſſe, diſſout l'Indigo en conſervant la couleur bleue, & encore mieux l'encre, puiſque la diſſolution perd toute couleur, & que la noirceur reparoît en ſaturant l'acide avec un alkali; l'acide nitreux bien

concentré & délivré du flogiſtique (§. 10), bouillant avec du bleu de Pruſſe, détruit enfin la couleur bleue, & il l'emporte beaucoup plus facilement que les deux autres, ſans qu'elle puiſſe reparoître enſuite, ſi l'acide a eu aſſez de tems pour dévorer le flogiſtique ; le vinaigre détruit le bleu d'Indigo ſuffiſamment ſubtiliſé (§. 9 *f.*) ; mais le bleu de Pruſſe & l'encre réſiſtent mieux ; il eſt pourtant digne d'être remarqué que l'alkali flogiſtiqué, mêlangé avec un peu de vinaigre, ſoit pour précipiter un peu du bleu de Pruſſe diſſous, en cas qu'on ſe ſoit ſervi de cette matière, ſoit pour ſaturer l'alkali, dont ordinairement une portion eſt libre & cauſe de la confuſion, quand on fait uſage de cette liqueur ; il eſt digne d'attention, dis-je, qu'un tel mêlange perde dans quelques ſemaines, ſa faculté de donner du bleu de Pruſſe avec des diſſolutions martiales ; l'alkali cauſtique mange la couleur du bleu de Pruſſe, mais la redonne au fer diſſous par quelque acide, comme l'a expliqué le célèbre *M. Macquer* ; cela n'arrive pourtant pas aux autres, car la couleur bleue une fois perdue, ne peut reparoître en aucune manière connue juſqu'ici ; enfin le bleu de Pruſſe, les molécules bleues d'encre & d'Indigo, ſont toutes trois des combinaiſons de fer avec une matière phlogiſtique, mais qui pourtant eſt différemment modifiée, & de cette variation dérive ſans doute que l'union eſt plus étroite dans le bleu de Pruſſe, que dans les autres ; il faut néanmoins avouer que cette couleur même n'eſt pas toujours également ſtable.

En analyſant l'Indigo, j'ai trouvé du fer non-ſeulement dans les molécules bleues, mais auſſi dans les autres parties moins eſſentielles. On peut avoir chaque portion à part : ſi on met de l'Indigo pulvériſé en digeſtion avec de l'acide marin, le menſtrue ſe colore en jaune, & donne avec l'alkali phlogiſtique, le bleu de Pruſſe : les autres acides, comme le vitriolique, le nitreux & le vinaigre, qui n'attaquent que peu ou point le fer dépourvu de phlogiſtique, ne peuvent pas ſervir ici ; le fer des molécules bleues ne peut être ſéparé par aucun acide, & je ne connois d'autre moyen pour l'avoir à part, que la diſſi-

pation ou deſtruction des parties phlogiſtiques; car, après la combuſtion en air libre, l'acide marin s'en charge facilement.

Quoique je me ſois principalement ſervi d'Indigo ordinaire dans mes recherches décrites, je n'ai pourtant pas négligé de le comparer avec le plus choiſi qui ne me ſemble différer de l'autre, que par une plus grande quantité des molécules bleues; j'ai pourtant quelquefois trouvé un peu d'argile dans l'Indigo de Guatimala; mais la partie terreuſe n'eſt pas ici un principe eſſentiel.

Application des Recherches précédentes.

§. 33. APRÈS avoir analyſé l'Indigo, & conſidéré ſes diverſes relations avec d'autres matières, il faut maintenant voir comment la pratique ordinaire s'accorde avec les connoiſſances acquiſes. Les Arts, & principalement les Arts Chimiques, n'ont fait de progrès que très-lentement, & de notre tems; & comment en ſeroit-il arrivé autrement? car, ſans connoître les vrais principes de la ſaine Phyſique, un Artiſte reſſemble à un aveugle qui ne peut faire quelques pas qu'en tâtonnant. Je ne ſuis donc point étonné de l'innombrable multitude des eſſais, des vaines tentatives, des haſards heureux & ineſpérés, des pertes par leſquelles on a paſſé avant de trouver les procédés dont on ſe ſert aujourd'hui pour teindre en bleu, ſans parler d'autres opérations encore plus difficiles.

§. 34. Les procédés pour teindre en bleu avec l'Indigo, diffèrent beaucoup entr'eux, mais nous n'enviſagerons que les principaux phénomènes.

On ſe ſert ordinairement des matières alkalines pour développer la faculté colorante de l'Indigo; nous avons pourtant prouvé par des expériences, que ces ſubſtances n'attaquent pas les molécules bleues, avant d'être ſubtiliſées auparavant par l'acide vitriolique; quelles ſont donc les raiſons de cette pratique? il faut, 1.° remarquer que les alkalis diſſolvent le

réſineux qui enveloppe les particules bleues, qui par-là ſont miſes plus à nud, & comme préparées pour être entamées par quelque autre ſubſtance convenable. 2.° Les alkalis, particulièrement la chaux, attaquent la compoſition des végétaux, & détruiſent la ſtructure organique, ſoit en ſe chargeant de l'air fixe, qui eſt comme le ciment de ces particules, ſoit en diſſolvant les acides, les parties huileuſes & réſineuſes qui s'y peuvent rencontrer. Pendant cette décompoſition, une grande quantité de phlogiſtiqne ſe développe, qui rencontrant les molécules bleues dénuées, s'y attache légèrement, faiſant l'accumulation néceſſaire pour les tourner en verd, ſi la chaleur & les autres circonſtances y ſont propres, comme j'ai tâché de le prouver auparavant, (§§. 11, 20), & l'expliquerai encore davantage toute-à-l'heure.

Donc, quoique les alkalis ſeuls ne puiſſent entamer les molécules bleues, ils les délivrent, d'un côté, d'un obſtacle, & de l'autre, en décompoſant les matières végétales ajoutées, fourniſſent du phlogiſtique.

§. 35. Que la verdure du bain d'une cuve eſt produite par l'abondance du phlogiſtique, c'eſt une vérité fondamentale, & pour l'aſſurer davantage, conſidérons la cuve d'Inde à froid pour le fil & le coton, qui de toutes eſt la plus ſimple, parce qu'on peut omettre & l'alkali & la garance; la chaux & le vitriol verd ſont ſuffiſans pour la faire travailler: avec trois gros de vitriol verd, autant d'Indigo choiſi, le double de chaux & une pinte d'eau, je prépare à coup ſûr, une cuve, qui ordinairement travaille après ſix heures: enſuite en gardant les mêmes proportions & le même traitement, j'ai ſeulement déphlogiſtiqué auparavant le vitriol, en le faiſant bouillir dans beaucoup d'eau pendant pluſieurs heures, réduiſant enfin la diſſolution à une pinte par l'évaporation; & alors je n'ai jamais réuſſi à la faire travailler. Toutes les circonſtances ſont ici les mêmes, excepté la préſence du phlogiſtique; il eſt donc bien évident que la différence des réſultats n'eſt

cauſée

cauſée que par-là : nous en verrons encore une nouvelle preuve dans le paragraphe ſuivant : l'opération eſt preſque auſſi ſimple que celle dont nous venons d'expliquer la vraie cauſe ; les cas plus compliqués, dépendent abſolument du même reſſort ; mais celui-ci eſt plus caché par pluſieurs matières, qui empêchent de le démêler & le voir diſtinctement.

§. 36. En contemplant les autres manières de teindre en bleu avec l'indigo, moyennant des alkalis, fixes ou volatils, on trouvera facilement la préſence des matières, qui contiennent plus ou moins d'huileux, de réſineux, & même de phlogiſtique preſque libre, je n'ai donc pas peur que ma concluſion ſouffre quelque exception ; il faut pourtant encore m'arrêter un peu, en examinant un procédé qui eſt très-bon pour le fil & le coton. L'opération eſt achevée, dans un quart-d'heure, de la manière ſuivante. On prend de la leſſive des ſavonniers très-forte dans un chaudron, on y ajoute trois gros d'Indigo bien pulvériſé pour chaque pinte de liqueur. Après quelques minutes, quand les fécules colorantes ſont bien pénétrées, on met dans la liqueur ſix gros d'orpiment en poudre : on doit bien pallier, après quoi dans peu de minutes le bain devient verd, fait de la fleurée bleue & montre une pellicule. C'eſt alors qu'il faut appaiſer le feu & plonger la matière à teindre.

L'explication eſt très-facile. L'orpiment contient du ſoufre & par conſéquent du phlogiſtique. Par la diſſolution dans la leſſive, il ſe forme un foye de ſoufre & d'arſenic, qui laiſſe facilement échapper le phlogiſtique, comme on peut le conclure de l'odeur & de la décompoſition, qui ſe fait en peu de temps en air libre. Si on met d'abord autant d'arſenic dans la leſſive, qu'il en entre dans la doſe uſitée d'orpiment, on a beau faire bouillir le bain, il ne ſera jamais propre à teindre ; mais, en ajoutant la qualité manquante de ſoufre, on verra naître, après quelques momens, la pellicule cuivreuſe, la fleurée bleue & la verdure du bain.

Avec de l'Indigo précipité, l'orpiment ne cauſe aucun changement, *(§. 9, cc.)* & la raiſon en eſt, que l'union du phlogiſtique eſt trop forte : il faut de la chaleur & de l'alkali pour le relâcher.

§. 37. Il reſte à expliquer pourquoi les cuves d'Indigo manquent quelquefois & ſe gâtent totalement. Nous en avons déjà entrevu la raiſon (§§. 11, 20.) Le phlogiſtique étant, ou aſſez abondant, ou moyennant la chaleur, aſſez actif pour ébranler tellement les molécules bleues, qu'elles laiſſent échapper une grande partie de leur phlogiſtique, il eſt bien néceſſaire que leur couleur bleue s'efface. Cela arrive principalement en ſe ſervant d'Indigo & de paſtel enſemble. Le paſtel eſt une matière végétale pourrie à demi, qui miſe dans l'eau achève ſa deſtruction, moyennant de la chaleur & de l'alkali, fourniſſant, comme il ſe fait ordinairement en tel cas, beaucoup de phlogiſtique. L'Expérience décrite ci-deſſus, montre auſſi que le paſtel fait plutôt évanouir la couleur bleue, que ne le fait une égale portion de garance. La difficulté de modérer la doſe de phlogiſtique, dérive ſur-tout de la qualité du paſtel, dont les parties ſont inégalement avancées dans la pourriture, & agiſſent différemment ſelon ces divers dégrés. Ce n'eſt donc ni l'identité des doſes, ni des circonſtances, ni le même traitement qui peuvent toujours aſſurer la cuve; le plus habile gueſderon n'eſt que très-ſouvent trahi, ſans en pouvoir rendre raiſon. La perte une fois faite, il n'eſt pas moyen d'y remédier, puiſque les molécules qui devoient teindre, ſont détruites, & pour gouverner à coup sûr cette cuve, il faudroit avoir des ſignes infaillibles pour connoître l'état actuel du paſtel, ce qui, le plus ſouvent, n'eſt point du tout aiſé; puiſque non-ſeulement les différentes portions d'une balle, mais auſſi le plus grand nombre des feuilles ſont inégalement avancées dans la pourriture. Le premier pas à faire regarde donc la préparation du paſtel, qui doit toujours & tout entier être de la même qualité, au moins eſt-il néceſſaire de découvrir des indices convenables, qui annoncent

sûrement les différens degrés de putréfaction; à l'égard des cuves compoſées avec de l'Indigo ſeul, elles manquent très-rarement, & cela n'arrive encore que par ignorance ou par négligence.

§. 38. La verdure du bain d'une cuve d'Indigo, ne peut naître de la petite quantité d'alkali volatil qui ſe développe, ni l'étoffe teinte déverdir par ſa diſſipation: la cauſe n'eſt pas proportionnée à l'effet; c'eſt plutôt le phlogiſtique, qui, dans le bain, reſte légèrement attaché aux molécules bleues, mais qui étant expoſé à l'action de l'air libre, qui attire cette ſubſtance puiſſamment, eſt enlevé en peu de momens: voilà la raiſon de la fleurée bleue, & de l'étoffe déverdie. Il eſt vrai que l'alkali volatil tourne le bleu d'Indigo précipité, en verd (§. 18), mais cela ſe fait moyennant le phlogiſtique qui lui eſt eſſentiel: l'alkali fixe fait de même, ſur-tout aidé d'un phlogiſtique étranger (§. 20.). La verdure du bain d'une cuve d'Indigo n'eſt pas produite, ſi je ne me trompe, par la faculté connue des alkalis de verdir les ſucs bleus des végétaux, car pluſieurs matières, qui ne ſont pas alkalines, & même les acides phlogiſtiques & huileux, peuvent tourner le bleu d'Indigo en verd, (§. 9, *b*, *e*, *f*, *g*,). L'Indigo fait auſſi exception à l'égard des acides, parce qu'il ne rougit par aucun, pas même par l'acide vitriolique le plus concentré.

§. 39. La cuve d'Indigo conſume, ſelon toutes les apparences, une bonne quantité des particules colorantes à pure perte; puiſqu'il faut beaucoup de phlogiſtique pour les mettre en action, & qu'un peu trop gâte plus ou moins ſelon les circonſtances: il eſt très-probable qu'un grand nombre des molécules ſont détruites, avant que la pluralité ait atteint le degré qu'il faut pour travailler. Je m'imagine que cette opération ſe paſſe à-peu-près comme la fermentation. Toutes les parcelles ne ſont pas de la même qualité; les plus diſpoſées à fermenter commencent les premières, & ont déjà avancé juſqu'au ſecond degré; c'eſt-à-dire, juſqu'à la fermentation acide, quand la

pluralité eſt au milieu de la ſpiritueuſe; on voit par-là pourquoi une biere toute fraîche & prête à être entonnée, fait déjà rougir un papier teint en bleu avec du tournesol, & pourquoi le vinaigre contient très-ſouvent de l'alkali volatil. De même quand le plus grand nombre des molécules bleues d'une cuve ſont dans l'état propre à teindre, celles qui s'y apprêtoient les premieres l'ont déjà paſſé.

D'un autre côté, en développant ſucceſſivement les particules colorantes les plus tardives, le marc s'augmente juſqu'à ternir l'ouvrage, & il faut enfin jeter le bain, avant qu'il ait perdu toute ſa qualité colorante.

Enfin, quoique la cuve de paſtel, qui contient en même tems de l'Indigo, puiſſe être regardée comme la plus difficile à poſer & à manier, on s'en ſert pourtant ordinairement dans les grands atteliers, parce qu'on expédie beaucoup plus d'ouvrage quand elle réuſſit.

Tous ces déſavantages ſont bien deſirer quelqu'autre procédé plus sûr & moins embarraſſant. Je vais donc en propoſer un qui réuſſit toujours & très-facilement, qui peut être effectué ſans perte, & au moins dans quelques cas donne du bleu parfaitement fixe.

§. 40. Nous avons déjà remarqué que l'acide vitriolique diſſout l'Indigo, (§. 8.) On a auſſi commencé, il y a pluſieurs années, de ſe ſervir de cette diſſolution pour teindre; mais on a obſervé avec étonnement, que le bleu d'Indigo, ailleurs ſi fixe, n'étoit en cette façon qu'une couleur fauſſe ou de petit teint. Cette obſervation n'eſt pas généralement vraie, ſi on opère comme il faut. L'acide vitriolique délayé d'eau, n'attaque aucunement les molécules bleues; ce qu'on appelle ordinairement huile de vitriol, donne avec l'Indigo une couleur brillante, mais fauſſe, & ce n'eſt que l'acide le plus concentré qui réuſſit bien. L'Indigo précipité ſe diſſout facilement dans tous les acides, & on peut s'en ſervir pour

teindre; mais cette méthode eſt plus embarraſſante & plus chère que d'employer la première diſſolution, moyennant l'acide vitriolique.

§. 41. Je prépare la teinture d'Indigo de la maniere ſuivante. Une partie d'Indigo en poudre très-ſubtile, eſt miſe dans un flacon de verre, je verſe deſſus l'acide vitriolique clair, & très-bien concentré, je bouche légèrement le flacon, & le laiſſe expoſé à une chaleur de 30 à 40 degrés, pendant 24 heures. Enfin j'y ajoute peu-à-peu 91 parties d'eau pure, broyant bien tous les grains, qui peuvent encore reſter dans un mortier de terre. Voilà une teinture qui eſt bleue, mais qui doit être délayée par une bonne quantité d'eau, avant de devenir tranſparante, quoiqu'elle ne contienne qu'une partie d'Indigo pour cent.

§. 42. Avec la teinture décrite, j'ai teint de l'étoffe de laine, dont le poids a toujours été ſuppoſé 1, pour proportionner les doſes des autres matières auſſi en poids. L'étoffe étoit auparavant plongée dans de l'eau bouillante, & y reſtoit pendant 24 heures, d'où elle étoit tirée, exprimée, & miſe dans un bain colorant.

(a) Le bain fut compoſé d'une partie de teinture, & de 76 d'eau bouillante. Après 36 heures, le bain étoit ſans couleur comme de l'eau. L'étoffe qui coloroit l'eau de lavage étant deſſéchée, avoit gagné un bleu céleſte, plein & très-joli.

(73.) Deux parties de la teinture, & 76 de l'eau bouillante, ſe décolorent parfaitement en 80 heures. L'étoffe ne coloroit pas l'eau de lavage, & avoit un bleu de reine.

(c) 2 $\frac{1}{2}$ parties de teinture, & 76 de l'eau bouillante ſe décoloroient en 96 heures. L'étoffe ne coloroit pas plus l'eau de lavage que les précédentes & les deux ſuivantes: elle étoit bleu turquin.

(d) 4 parties de teinture, & 76 d'eau bouillante ſe décoloroient en 112 heures. L'étoffe étoit bleu pers.

(e) 7 ½ parties de teinture, & 76 d'eau bouillante avoient une couleur bleue, verdâtre, à peine viſible après 136 heures. L'étoffe avoit un bleu d'enfer.

(f) 7 ½ parties de teinture, & 76 d'eau froide ſe comportoient parfaitement, comme dans l'*Exp. e.* L'étoffe avoit auſſi la couleur bleue noire, comme *e.*

L'étoffe étant 1 & trempée dans de l'eau pendant 24 heures, comme dans les Expériences précédentes, j'ai mêlé 9 ½ parties de teinture, avec 76 d'eau bouillante & ſaturé par différens ſels, pour voir clairement leurs influences.

(g) Les parties d'eau ſaturées avec le ſel de ſoude. L'étoffe fut tirée après 96 heures, comme dans les Expériences ſuivantes de ce §, elle coloroit pluſieurs eaux de lavage, & avoit un bleu très-pâle.

(h) L'eau ſaturée avec le ſel de Glauber. L'étoffe bien exprimée coloroit l'eau de lavage, mais la couleur avoit un bleu pers très-joli.

(i) L'eau ſaturée avec du nitre putrifié. L'étoffe ne coloroit pas l'eau de lavage, mais la couleur étoit d'un bleu mignon.

(k) L'eau ſaturée avec du ſel marin. L'étoffe coloroit l'eau de lavage, & avoit un bleu de roi.

(l) L'eau ſaturée avec du ſel ammoniac. L'étoffe coloroit l'eau de lavage, & avoit un bleu céleſte très-plein.

(m) L'eau ſaturée avec de l'alun romain. L'étoffe coloroit l'eau de lavage & avoit un bleu pers.

(n) L'eau ſaturée avec de la crême du tartre. L'étoffe coloroit l'eau de lavage & avoit la même couleur de bleu pers.

L'effet a été preſque le même, quand l'étoffe avoit trempé

24 heures dans des diſſolutions ſaturées des ſels mentionnés, avant d'être plongée dans ſon bain.

§. 43. Nous avons déjà obſervé que l'eau peut extraire de l'Indigo une teinture jaunâtre, & qu'une leſſive alkaline produit une teinture plus forte brunâtre (§§. 3, 16). J'ai trempé de l'étoffe dans chacune ſéparément, pendant 24 heures: j'ai enſuite mis les pièces préparées dans des bains, qui contenoient $2\frac{1}{2}$ parties de la teinture d'Indigo, & 76 d'eau bouillante; &, pour voir la différence, j'ai ajouté dans les mêmes bains des échantillons, préparés ſeulement dans de l'eau, comme auparavant.

(o) L'étoffe préparée dans la teinture aqueuſe, (§. 3,) avec un morceau égal, préparé ſeulement dans de l'eau, furent mis enſemble dans le bain, & y reſterent 40 heures; c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que toute la couleur de la liqueur fût abſorbée. Les échantillons avoient la même nuance du bleu, au moins il n'y avoit aucune différence notable, quoique l'un fût auparavant d'une couleur pâle, ventre de biche pâle.

(p) L'étoffe préparée dans la teinture alkaline, (§. 16,) & un morceau trempé ſeulement dans de l'eau, furent traités de la même façon. A l'égard de la nuance, je n'ai pu non plus obſerver ici aucune différence, quoique l'un des échantillons eut pris un peu de couleur jaune alkaline.

§. 44. On peut conclure des Expériences décrites, 1.° Que notre teinture d'indigo eſt très-commode pour teindre l'étoffe de laine. 2.° Que l'opération n'uſe que très-peu d'Indigo, puiſqu'il ne faut qu'une partie d'Indigo pour produire un bleu noir ſur 260 d'étoffe (§. 42, *e*), qui alors paroît être ſaturée, & ne pourroit recevoir ſolidement plus d'Indigo. 3.° Que le bain froid agit auſſi-bien que le chaud. (§. 42, *i*) 4.° Que l'opération peut ſe faire ſans perte, puiſque le bain ſe décolore enfin parfaitement (*a-j*, *o p.*), & que s'il a été trop chargé, on peut ajouter de l'étoffe qui ne ſoit pas ſaturée, qui abſorbe

toute la couleur reſtante. On peut encore éviter de perdre quelques molécules bleues dans le lavage (*a-f*, *h*, *i*, *m*, *n*.) 5.° Qu'il y a une plus grande affinité entre le bleu d'Indigo & l'étoffe bien trempée, dans de l'eau qu'entre ce même bleu & l'eau acidule; le bleu eſt donc précipité par l'étoffe. 6.° Que tous les ſels dont nous avons fait uſage (§. 42, *g-n*), diminuent l'affinité mentionnée, mais plus ou moins, ſelon les nuances décrites. 7.° Que la préparation d'étoffe dans de la teinture jaune d'Indigo (§. 43), ne fait aucune différence à l'égard de la quantité des molécules bleues attirées, puiſque la nuance eſt la même, quand l'étoffe a ſeulement trempé dans de l'eau pure.

§. 45. J'ai ſemblablement eſſayé de produire du bleu ſur la ſoie. Je la faiſois tremper dans de l'eau comme ci-deſſus Le poids de la matière à teindre eſt encore ici 1, comme dans toutes les autres expériences: l'échantillon fut tité du bain après 144 heures.

(*q*) Le bain étoit un mêlange de 18 parties de teinture, & de 76 d'eau froide. La ſoie prenoit une couleur bleue foncée, mais le bain étoit encore fortement coloré.

(*r*) Comme le bain de l'Expérience *g* avoit beaucoup de couleur, quand l'étoffe de laine fut tirée, j'y ai mis de la ſoie, qui n'eſt devenue que griſe bleuâtre. Le bain reſtant avoit encore de la couleur.

(*ſ*) Le bain reſtant dans l'Expérience *h* donnoit à la ſoie un bleu céleſte.

(*t*) Le bain reſtant dans l'Expérience *j* ne produiſoit qu'un bleu pâle.

(*u*) Le bain reſtant dans l'Expérience *k* donnoit du bleu encore plus pâle.

(*x*) Le bain reſtant dans l'Expérience *l*, donnoit une nuance

plus

plus foncée que celle de l'Expérience *f*, mais plus pâle que celle de l'Expérience *f*.

(y) Le bain reſtant dans l'Expérience *m*, produiſoit la même nuance que l'Expérience *x*.

(z) Le bain reſtant dans l'Expérience *n*, donnoit un bleu pâle verdâtre.

Le bain étoit à la fin de cette Expérience preſque décoloré; tirant ſeulement un peu ſur un bleu verdâtre; mais, dans les Expériences précédentes, les bains contenoient encore beaucoup de couleur.

(a) Dans un bain de 76 parties d'eau bouillante, avec 5 de teinture, la ſoie préparée comme l'étoffe de l'Expérience *o*, devenoit bleue céleſte très-jolie, & celle qui avoit ſeulement trempée dans de l'eau, gagnoit la même nuance.

(b) Le bain étoit comme le précédent, mais la ſoie préparée comme l'étoffe de l'Expérience *p*, donnoit la même nuance aux deux échantillons, dont l'un n'avoit trempé que dans l'eau pure.

§. 46. La teinture d'Indigo fait donc du bleu ſur la ſoie comme ſur l'étoffe; mais l'affinité qui doit précipiter les molécules bleues, eſt plus foible. Je regarde cette opération comme une véritable précipitation, & on peut aiſément s'en convaincre par l'examen d'un bain entièrement décoloré; car l'acide vitriolique, qui tenoit auparavant le bleu en diſſolution, y reſte dépouillé. Quoique les échantillons teints réſiſtent fort bien à l'eau ſeule, ils ne peuvent pourtant ſupporter l'action du ſavon, qui emporte facilement toute la couleur, parce que la ſoie a une plus grande affinité avec le ſavon qu'avec les molécules bleues.

§. 47. Les matières végétales font la plus grande difficulté dans l'art de la teinture. Pour voir l'effet de la teinture d'Indigo ſur du fil, j'ai fait les mêmes eſſais qu'avec la ſoie, mettant les échantillons enſemble, dans les mêmes bains déjà décrits, & c'eſt pourquoi je les indique par les mêmes lettres.

(q) L'échantillon avoit un bleu très-pâle.

(r) L'échantillon étoit encore plus pâle que le précédent. Le bain étoit ſaturé de ſel de ſoude.

(ſ) L'échantillon n'avoit que la couleur pâle de *q*. Le bain ſaturé de ſel de Glauber.

(t) L'échantillon étoit comme le précédent. Le bain ſaturé de nitre.

(v) L'échantillon étoit comme le précédent. Le bain ſaturé de ſel marin.

(x) L'échantillon avoit un bleu naiſſant, plus foncé que tous les autres. Le bain ſaturé de ſel ammoniac.

(y) L'échantillon étoit comme *q*. Le bain ſaturé d'alun.

(z) L'échantillon étoit le plus pâle de tous. Le bain ſaturé de crême de tartre.

(a) Les deux échantillons gagnoient la même nuance que de *q*.

(b) Ces deux échantillons reſſembloient parfaitement aux deux précédens.

§. 48. On peut conclure des Expériences dont nous venons de rapporter les réſultats, que la teinture d'Indigo eſt très-propre & très-commode, pour faire toutes ſortes de belles nuances en bleu ſur de la laine & de la ſoie, mais ſur du fil

& du coton, elle ne produit que des couleurs très-pâles. On croit ordinairement que l'Indigo diſſout par l'acide vitriolique, ne donne que des couleurs de petit teint, & il faut avouer que, quoique très-jolies, elles ſont le plus ſouvent très-ſujettes à ſe ternir ou à s'affoiblir étant expoſées aux rayons du ſoleil. Mais, en ſe ſervant d'un acide vitriolique aſſez concentré, elles deviennent beaucoup plus fixes, & les nuances les plus foncées ne s'altèrent aucunement. J'ai expoſé tous les échantillons au ſoleil pendant deux mois: ceux qui étoient d'un bleu d'enfer ne changeoient point; les bleus pers & Turquin s'affoibliſſoient à peine ſenſiblement, mais les nuances plus claires ſouffrent bien davantage: à la vérité elles ne s'effacent pas entièrement, mais elles deviennent ternes & verdiſſent.

Cette façon de teindre n'eſt donc point dans tous les cas préférable à l'ancienne; mais cela n'empêche pas qu'elle ne puiſſe devenir très-utile, étant déjà très bonne pour les nuances foncées, & recommandable à d'autres égards. J'eſpère auſſi que ces Expériences, qui ſont très-amuſantes, & ſe peuvent faire très-commodément, feront dans peu de tems aſſez multipliées & aſſez variées pour obtenir quelque moyen propre à fixer les nuances les plus claires: ſi cela arrive, comme il y a tout lieu de le croire, on oubliera bientôt l'ancienne méthode, plus chère & plus embarraſſante. Pour le fil & le coton, on a une maniere de teindre décrite (§. 36), qui ne manque jamais, & dont la couleur réſiſte fort bien au ſavon, au cas qu'on ne trouve pas quelque expédient, d'augmenter à ſouhait l'attraction entre ces matieres & les molécules bleues diſſoutes par l'acide vitriolique.

§. 49. Avant de finir, je dois avertir que l'Indigo précipité (§. 9, *m*), préſente pour la miniature une couleur excellente, à l'égard ſoit de la beauté, ſoit de la fixité; il eſt pourtant fâcheux qu'il ne ſe ſépare de la teinture qu'imparfaitement, & de plus très-lentement.

RECHERCHES

SUR

LA MEILLEURE MANIÈRE DE FABRIQUER LES AIGUILLES AIMANTÉES,

De les ſuſpendre, de s'aſſurer qu'elles ſont dans le véritable Méridien magnétique; enfin de rendre raiſon de leurs Variations diurnes régulières:

PIÈCE QUI A PARTAGÉ LE PRIX PROPOSÉ POUR L'ANNÉE 1777.

Facilius quid non ſit quam quid ſit de hujuſmodi rebus poſſe confirmari. Cic.

Par M. COULOMB,

Capitaine en premier au Corps-Royal du Génie, Correſpondant de l'Académie des Sciences.

RECHERCHES

SUR

LA MEILLEURE MANIÈRE

DE FABRIQUER

LES AIGUILLES AIMANTÉES.

TANDIS que toutes les parties de la terre ſont unies par leurs beſoins reſpectifs & par l'échange de leur ſuperflu; tandis que des armées & des nations entières couvrent & habitent les mers: des Savans auſſi reſpectables par leur amour pour le bien public, que par leur génie, propoſent aux recherches des Phyſiciens & des Géomètres, la perfection de l'inſtrument qui dirige la marche des vaiſſeaux; qui, placé au centre d'un horizon vaſte & uniforme, trace une ligne dont la direction eſt connue: c'eſt ſervir l'Humanité & ſa Patrie, que de répondre à leurs vues, & d'eſſayer ſes forces ſur un objet auſſi utile.

DÉFINITIONS ET PRINCIPES.

1. Si l'on suspend une Aiguille aimantée par ſon centre de gravité, autour duquel on ſuppoſe qu'elle peut tourner librement dans tous les ſens, elle prendra une direction fixe, en ſorte que, ſi on l'éloignoit de cette direction, elle y ſeroit toujours ramenée en oſcillant.

Si, par la direction de cette Aiguille, on fait paſſer un plan vertical, ce plan ſera le méridien de la Bouſſole, ou autrement le méridien magnétique. L'angle formé par ce plan avec le véritable méridien du monde, ſera la déclinaiſon de la Bouſſole.

Si par le point de ſuſpenſion de l'Aiguille, l'on fait paſſer un plan horizontal, l'angle formé par la direction de l'Aiguille avec ce plan, ſera l'inclinaiſon de la Bouſſole.

L'on diſtingue dans les Aiguilles Aimantées, leurs extrémités ſous le nom de *poles*. L'extrémité qui ſe dirige à-peu-près vers le Nord, s'appelle pole boréal. L'extrémité qui ſe dirige à-peu-près vers le Sud, s'appelle pole auſtral. Les poles du même nom de différens aimans ou Aiguilles, paroiſſent exercer les uns ſur les autres une force répulſive. Les poles de différens noms paroiſſent avoir une force attractive.

Les lames d'acier ne ſont ſuſceptibles que d'un certain degré de magnétiſme qu'elles ne peuvent outre-paſſer. Parvenues à ce point, on dit qu'elles ſont Aimantées à ſaturité.

Premier Principe fondamental.

2. Si, après avoir ſuſpendu une Aiguille par ſon centre de gravité, on l'éloigne de la direction qu'elle affecte naturellement, elle y eſt toujours ramenée par des forces qui agiſſent parallélement

parallélement à cette direction, qui ſont différentes pour les différens points de l'Aiguille; mais qui ſont les mêmes pour chacun de ces points en particulier, dans quelque poſition que cette Aiguille ſoit placée, par rapport à ſa direction naturelle. En ſorte qu'une Aiguille Aimantée éprouve toujours la même action, dans quelque poſition qu'on la ſuppoſe, de la part des forces magnétiques de la terre.

Développement de ce Principe.

Le globe de la terre eſt un aimant naturel qui, par ſon action, produit la direction de la Bouſſole. Si l'on ſuppoſe que les forces aimantaires ſont des forces attractives ou répulſives; les centres de ces forces, placés dans le globe de la terre ſeront, par rapport à la longueur de la Bouſſole, à une diſtance que l'on peut regarder comme infinie. Mais, comme l'action des forces attractives ou répulſives, dépend de la nature & de l'intenſité des maſſes, & d'une fonction de la diſtance, la diſtance pouvant être ſuppoſée la même, dans quelque poſition que l'on place la Bouſſole, & chaque point de cette Bouſſole pris en particulier, n'éprouvant dans les changemens de poſition aucune variation par rapport à la conſtitution de ſes parties, il s'enſuit que chacun des points de l'Aiguille ſera ſollicitée par une force dont la direction ſera toujours la même, & dont l'intenſité ſera indépendante de la poſition de l'Aiguille.

Les Expériences de M. *Muſſchenbroek*, & celles de *Wiſton*, citées par le même Auteur, viennent à l'appui de la théorie. M. *Muſſchenbroek* (*Diſſertatio de magnete*, Exp. CIII.), a trouvé, que lorſque l'on faiſoit oſciller une Aiguille d'inclinaiſon dans un autre plan vertical, que le méridien magnétique, les forces, qui produiſoient les oſcillations dans les différens plans étoient entr'elles comme les coſinus d'inclinaiſon, formée par la direction naturelle de l'Aiguille avec ces plans. Or ſi l'on ſuppoſe que la force particuliere qui ſollicite chaque point de la Bouſſole, a toujours la même direction, & que ſon action

eſt indépendante de la poſition de l'Aiguille, il réſultera de cette ſuppoſition & du principe de la décompoſition des forces, que les forces qui feront oſciller l'Aiguille Aimantée dans des plans inclinés à la direction naturelle, ſeront comme les coſinus des angles que forment ces plans avec cette direction. Ce qui étant confirmé par l'expérience, il en réſulte que le principe établi eſt légitime.

Un autre fait que nous avons tous les jours ſous les yeux; prouve encore, ce me ſemble, ce principe d'une manière inconteſtable. Lorſque l'on ſuſpend ſur la pointe d'un pivot une Aiguille ordinaire de déclinaiſon, ſi elle étoit en équilibre, avant d'être aimantée, elle ceſſera de l'être lorſqu'elle aura été aimantée, la partie boréale ſe trouvera plus peſante que la partie auſtrale, & l'on ſera obligé, pour rétablir l'équilibre, ou d'ajouter un petit contrepoids à la partie auſtrale, ou de diminuer la peſanteur de la partie boréale. Ce ſont donc des forces dépendantes de la vertu aimantaire qui augmente la peſanteur de la partie boréale, ou qui diminue celle de la partie auſtrale. Mais lorſqu'on a rétabli l'équilibre par un petit contrepoids, ſi la Bouſſole ſe trouve dans une ſituation horizontale dirigée naturellement dans ſon méridien magnétique, & ſi l'on fait tourner cette Bouſſole horizontalement, elle continuera, abandonnée à elle-même, à reſter horizontale dans toutes les poſitions où elle ſe trouvera amenée par ſon mouvement oſcillatoire. Par conſéquent la force aimantaire augmente la peſanteur de la partie boréale, ou diminue la peſanteur de la partie auſtrale d'une même quantité, dans quelque poſition que cette Bouſſole ſe trouve, par rapport à ſon méridien magnétique; donc la poſition de la Bouſſole n'influe point ſur l'action des différentes forces aimantaires.

Second Principe fondamental.

3. Les forces magnétiques du globe terreſtre qui ſollicitent les différens points d'une Bouſſole, agiſſent dans deux ſens

opposés. La partie boréale de la Boussole est attirée vers le pole boréal du méridien magnétique. La partie australe de l'Aiguille est sollicitée dans la direction opposée. Quelque soit la loi, suivant laquelle ces forces agissent, la somme des forces qui sollicitent l'Aiguille vers le pole boréal, est exactement égale à la somme des forces qui sollicitent le pole austral de l'Aiguille dans la direction opposée.

Développement de ce Principe.

M. *Musschenbroek* (*Dissertatio de magnete*, Exp. XXVI), a trouvé qu'une lame d'acier pesée avant d'être Aimantée, & après l'avoir été, ne changeoit nullement de poids. Quelque précision qu'il ait pu mettre dans ses Expériences, elles lui ont toujours donné le même résultat. Ainsi, toutes les forces qui sollicitent une Aiguille Aimantée, étant décomposées, suivant une direction horizontale & une direction verticale: il suit des principes de statique, & de cette Expérience, que la somme des forces verticales doit être nulle.

D'un autre côté, l'on sait que lorsqu'on fait flotter une Aiguille Aimantée sur un petit morceau de liége, elle se dirige suivant le méridien magnétique, mais que le centre de gravité de tout le système parvient bientôt à un état de repos; or si la somme des forces horizontales n'étoit pas nulle; si, par exemple, la somme des forces qui tirent vers le pole boréal étoit plus grande que la somme des forces qui agissent dans le sens opposé, le centre de gravité du système devroit se mouvoir vers le Nord d'un mouvement continu.

L'on peut donc conclure de ces deux Expériences, que puisque la somme des forces décomposées dans le plan horizontal suivant le méridien magnétique est nulle, de même que la somme des forces verticales, il suit que la somme des forces qui agissent suivant la direction naturelle de la Boussole, est aussi nulle.

Comme l'on pourroit oppoſer à cette dernière Expérience que la cohéſion de l'eau peut détruire l'effet des forces horizontales : voici un fait qui me paroît ſans réplique.

Figure 1. Une régle de bois AB très-légère, percée à ſon milieu C & garnie à ce point d'une chappe de Bouſſole, a été ſuſpendue, par le moyen de cette chappe, ſur un pivot de la même manière que l'on ſuſpend une Aiguille de déclinaiſon ; une Aiguille S*n*, a été attachée à l'extrémité de cette régle, & formoit avec elle un angle droit ; l'on a placé un petit contrepoids en A, pour que tout le ſyſtême fût équilibré horizontalement, & pût ſe mouvoir librement ſur la pointe d'un pivot, autour du centre de ſuſpenſion C. Après que les oſcillations ont été éteintes, l'Aiguille S*n* s'eſt trouvée dirigée ſuivant le Méridien magnétique, c'eſt-à-dire, ſuivant la même ligne, que ſi elle avoit été ſoutenue ſur la pointe d'un pivot par ſon centre E : voici l'explication & le réſultat de cette Expérience. Les forces qui agiſſent ſur cette Aiguille, lorſqu'elle eſt dans ſon Méridien magnétique, ſont dirigées ſuivant ſa longueur : or, puiſque l'expérience nous montre que la Bouſſole parvient à ſon état de repos, lorſqu'elle eſt dirigée ſuivant le Méridien magnétique, il s'enſuit que les forces boréales & les forces auſtrales ont pour lors le même bras de levier ; ainſi, elles ne peuvent pas être en équilibre à moins d'être égales.

J'ai répété cette Expérience ſur un très-grand nombre d'Aiguilles aimantées à ſaturité ou non, ayant ſeulement un centre aimantaire, ou en ayant un plus grand nombre. J'ai conſtamment trouvé le même réſultat. Cette Expérience ſera encore plus exacte, en ſuſpendant la petite régle de bois avec des fils de ſoie, comme je l'expliquerai dans la ſuite de ce Mémoire.

Corollaire général.

4. De ces deux principes, l'on peut, ce me ſemble, conclure que la direction d'une Aguille aimantée ne peut pas dépendre d'un torrent de fluide, qui, mû avec rapidité ſuivant

le Méridien magnétique, force l'Aiguille par ſon impulſion, de ſe diriger ſuivant ce Méridien. Car, par le premier principe établi, l'Aiguille éprouve toujours la même action de la part du fluide magnétique, quelque angle qu'elle forme avec ſa direction naturelle, qui devroit être la direction du torrent de fluide aimantaire. Cependant, ſuivant tout ce que nous pouvons connoître des loix des impulſions des fluides, ils agiſſent différemment, ſuivant que les corps qu'ils frappent ſont poſés différemment, & préſente une moindre ou plus grande ſurface à la direction de leur courant. Ainſi, puiſque l'Expérience nous apprend, que les forces aimantaires du Globe terreſtre agiſſent également ſur l'Aiguille dans toutes les poſitions, cette action ne peut pas provenir d'un torrent de fluide.

En ſecond lieu, puiſqu'il ſuit du ſecond principe, que la ſomme des forces qui agiſſent ſur l'Aiguille, eſt égale dans les deux ſens oppoſés; il faut, ſi l'on veut faire dépendre la direction de l'Aiguille de l'impulſion d'un fluide, imaginer des torrens oppoſés qui agiront également dans les ſens contraires ſans ſe détruire mutuellement. De pareilles hypothèſes paroiſſent devoir être rejettées de la Phyſique, comme trop contraires aux principes de la mécanique.

Il ſemble donc qu'il réſulte de l'Expérience, que ce ne ſont point des tourbillons qui produiſent les différens phénomènes aimantaires; & que, pour les expliquer, il faut néceſſairement recourir à des forces attractives & répulſives de la nature de celles dont on eſt obligé de ſe ſervir pour expliquer la peſanteur des corps & la phyſique céleſte.

CHAPITRE PREMIER.

Formules qui dérivent de toutes les forces, ſoit actives, ſoit coercitives, qui peuvent influer ſur la poſition d'une Aiguille en équilibre dans un plan horizontal.

5. Lorsqu'une Aiguille de déclinaiſon équilibrée dans un plan horizontal, peut tourner librement autour de ſon point de ſuſpenſion; ſi elle eſt éloignée de ſon Méridien magnétique, elle y ſera ramenée par la force aimantaire, qui agit ſur chaque point de cette Aiguille; & ſon mouvement ſera retardé par toutes les forces coercitives, provenant, ſoit du frottement de la chappe ſur ſon pivot, ſoit de la torſion des ſoies, auxquelles on peut ſuppoſer les Bouſſoles ſuſpendues, ſoit enfin de la réſiſtance de l'air, dans lequel la Bouſſole fait ſes oſcillations. Nous ne conſidérons point ici les erreurs qui peuvent naître de la poſition du point de ſuſpenſion, & de l'imperfection des pivots & des chappes. Nous y reviendrons dans la ſuite.

De ces différentes forces coercitives, qui toutes tendent à détruire le mouvement des Aiguilles qui oſcillent : les unes ſont conſtantes & dépendent, ſoit du frottement, ſoit de la cohéſion de l'air : les autres dépendent également du frottement & de la cohéſion de l'air ; mais augmentent avec la vîteſſe ; en ſorte que le *momentum* de toutes les forces coercitives ſera repréſenté par une quantité ($A + Fu$) ou A étant une quantité conſtante, Fu ſera une fonction de la vîteſſe angulaire.

6. Soit AB *(Fig. 11.)* le véritable méridien d'une Aiguille de déclinaiſon, dont on la ſuppoſe éloignée, au commencement

de ſon mouvement, de l'angle BCN = B, le point C étant le point de ſuſpenſion, qui s'éloigne très-peu du centre de gravité & du centre aimantaire, dans les lames homogènes aimantées à ſaturité. Lorſque l'Aiguille ſera arrivée en n, ſoit l'angle $NCn = S$, l'angle $nCB = B - S$, la vîteſſe angulaire $= u = \frac{dS}{dt}$, la force aimantaire μe, qui agit ſur un point quelconque μ (décompoſée ſuivant le plan horizontal), parallèle au méridien magnétique $= \varphi$, $C\mu = r$, $CN = l$, le *momentum* de la force aimantaire du point μ, ſera repréſenté par $\varphi\mu C\mu \frac{\text{ſin}(B-S)}{\text{rayon}}$: Si $R = (A + Fu)$ repréſente le *momentum* de toutes les forces coercitives, l'on aura, pour le *momentum* total, autour du point C, la quantité $(\int \varphi\mu C\mu \frac{\text{ſin}(B-S)}{\text{rayon}} - R)$; mais, lorſque l'Aiguille eſt parvenue à ſon état de repos, les forces actives & coercitives doivent être en équilibre; ainſi l'on aura, pour l'erreur de l'Aiguille, $\frac{\text{ſin}(B-S)}{\text{rayon}} = R : \int \varphi\mu C\mu$; &, lorſque l'angle d'erreur eſt peu conſidérable, l'on aura $(B - S) = R : \int \varphi\mu C\mu$; ainſi, pour avoir les dimenſions les plus avantageuſes d'une Aiguille, il faut, lorſque l'on connoîtra la quantité R & la quantité $\int \varphi\mu C\mu$, intégrée pour toute la longueur de l'Aiguille, faire en ſorte que l'angle (B—S) ſoit un *minimum*.

7. Paſſons actuellement au mouvement oſcillatoire : nous en aurons beſoin dans la ſuite, ſoit pour comparer la force aimantaire de différentes Aiguilles, ſoit pour comparer la force aimantaire avec la force coercitive.

Le *momentum* de toutes les forces qui produiſent l'accélération de l'Aiguille lorſqu'elle eſt arrivée au point n, eſt, comme nous venons de le voir dans l'article précédent, exprimé par $(\int (\varphi\mu C\mu) \frac{\text{ſin } B-S}{\text{rayon}} - R)$; mais l'accélération du point μ, ou le petit arc parcouru par ce point, eſt exprimé par $C\mu \cdot du = r \cdot du$; ainſi l'on aura, en nommant dt l'élément du temps, ... $(\int (\varphi\mu r) \frac{\text{ſin}(B-S)}{\text{rayon}} - R)\, dt = \int (\mu r^2) du$; d'où, en intégrant cette quantité, après avoir ſubſtitué, à la place de dt, ſa valeur $dS : u$, & remarquant que u s'évanouit, lorſque $S = o$, l'on aura $\int (\varphi\mu r) \frac{(\text{cof}(B-S) - \text{cof } B)}{\text{rayon}} - \int R\, dS = \frac{uu}{2} \int r^2 \mu$.

8. Si l'angle B eſt très-petit, c'eſt le ſeul cas dont nous aurons beſoin dans la ſuite, l'on aura $\frac{\cos(B-S)-\cos B}{\text{rayon}} = \frac{2BS-SS}{2}$; ainſi l'équation ſe réduit à $\int\varphi\mu r(2BS-SS) - 2\int R\,dS = uu\int r^2\mu$.

9. Si l'on fait $u=0$, on trouve $(2B-S) = 2\int R\,dS : S\cdot\int\varphi\mu r$; & ſi R étoit une quantité conſtante, l'on auroit $2B-S = 2A : S\varphi\mu r$: ainſi lorſque l'Aiguille, après avoir parcouru l'arc NB, remonte juſqu'en N′, ſi l'arc remonté BN′, eſt ſuppoſé $= B'$, l'on aura $B-B' = 2A : \int\varphi\mu r$; ce qui donne toujours, dans la ſuppoſition des forces coercitives conſtantes, la même quantité pour la différence des arcs deſcendus & remontés.

10. Si l'on ſuppoſe $R = A+Fu$, l'on aura pour lors quelque petite que ſoit la viteſſe u, $B-B'$ plus grand que $2A : \int\varphi\mu r$. Cette conſidération nous ſuffira dans la ſuite, pour prouver que la réſiſtance de l'air ne peut pas produire une erreur ſenſible dans la poſition de l'Aiguille.

11. Lorſque, dans l'équation précédente, l'on ſuppoſe $R=0$, l'on a l'équation approchée $uu = \frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}(2BS-SS)$; d'où $\left(\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}\right)^{\frac{1}{2}} dt = dS : (2BS-SS)^{\frac{1}{2}}$; or $\int dS : (2BS-SS)^{\frac{1}{2}}$ eſt l'angle dont le rayon eſt B, & S le ſinus-verſe; quantité égale à 90°, lorſque $S=B$; ainſi, en nommant T le temps d'une oſcillation totale, l'on aura $T\left(\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}\right)^{\frac{1}{2}} = (180)°$.

12. Si l'on veut comparer la force magnétique avec la gravité, l'on remarquera que g exprimant cette force, l'on a $T'\left(\frac{g}{\lambda}\right)^{\frac{1}{2}} = (180)°$ pour les oſcillations d'un pendule, dont la longueur eſt λ; ainſi, ſi l'on veut que le temps T′ ſoit iſocrone avec les oſcillations de l'Aiguille aimantée, l'on fera $\frac{g}{\lambda} = \frac{\int(\varphi\mu r)}{\int\mu r^2}$, d'où $\lambda = g\frac{\int\mu r^2}{\int\varphi\mu r}$: en ſuppoſant que la Bouſſole ſoit une lame d'une largeur & d'une épaiſſeur uniforme, nommant

nommant $\partial\lambda$ la section transversale de cette lame, & l la moitié de sa longueur, l'on trouvera $\int \mu r^2 = 2\partial\lambda l \cdot \frac{l^2}{3}$; mais $2\partial\lambda l$ représente la masse de l'Aiguille, qui, multipliée par la force de sa gravité g, égale son poids P; ainsi $\int \mu r^2 = \frac{P \cdot l^2}{3g}$, & par conséquent $\lambda = \frac{P \cdot l^2}{3 \cdot \int \varphi \mu r}$.

13. Si l'on cherche un poids Q, qui, placé à l'extrémité du levier l, ait le même *momentum* que la force magnétique de l'Aiguille, l'on aura $Q \cdot l = \int \varphi \mu r$; mais, en conséquence de l'article précédent, $\int \varphi \mu r = \frac{Pl^2}{3\lambda}$; ainsi $Q = \frac{Pl}{3\lambda}$; quantité qui est la même que celle trouvée par M. *Euler*, dans la Pièce qui a concouru pour le Prix, en 1743, où ce Géomètre, divisant la force aimantaire en deux parties, qui agissent en sens contraire, aux deux extrémités de l'Aiguille, trouve pour chacune $Q = Pl : 6\lambda$.

CHAPITRE II.

Détermination théorique & expérimentale des Forces aimantaires.

13*. M. Musschenbroek (*Diſſert. de Magnete*, Exp. cvii); dit que, dans les oſcillations de lames aimantées, le quarré du temps dans lequel ſe fait un certain nombre de vibrations, eſt en raiſon compoſée de la longueur des lames & de leur poids; ce qui, exprimé algébriquement, donne $TT = mlP$, T exprimant le temps d'un certain nombre de vibrations, m étant un coefficient conſtant, $2l$ la longueur, & P le poids de l'Aiguille; mais nous avons trouvé, dans les articles précédens, $TT = (180°)^2 \frac{f\mu r^2}{f\varphi\mu r} = (180°)^2 \frac{Pl^2}{3g.f\varphi\mu r}$; ainſi, en comparant cette valeur de TT avec l'Expérience, il en réſulte l'équation $mlP = (180°)^2 \frac{Pl^2}{3g.f\varphi\mu r}$, d'où $f\varphi\mu r = (180°)^2 \frac{l}{3gm} = Q$; ainſi, en comparant les expériences de *Muſſchenbroek* avec la théorie des oſcillations, l'on trouveroit que le *momentum* total des forces magnétiques d'une lame, quelque ſoit les dimenſions de cette lame, ſeroit toujours égal à un poids conſtant, multiplié par la longueur de la lame.

14. De-là on concluroit qu'à longueurs égales, le frottement des Aiguilles de déclinaiſon, qui tournent ſur un pivot, augmentant ſuivant une Loi du poids, & le *momentum* de l'action aimantaire étant toujours une quantité conſtante, les Bouſſoles les plus légères ſeroient les meilleures.

15. Il en réſulteroit encore, que ſi le *momentum* du frottement augmentoit en raiſon directe des poids, il augmenteroit, tout étant d'ailleurs égal, comme les longueurs des Bouſſoles : or le *mo-*

mentum de la force aimantaire, augmente dans la même proportion. Ainſi, le rapport du *momentum* des forces magnétiques, au rapport du *momentum* des frottemens, étant conſtant, il en réſulteroit toujours la même erreur dans la poſition des Aiguilles.

16. Si l'on vouloit chercher, d'après les mêmes formules, fondées ſur les Expériences de *Muſſchenbroek*, la loi des forces aimantaires de différens points des Aiguilles. Voici comme on pourroit s'y prendre.

Que S N, repréſente une Aiguille, dont le centre aimantaire eſt en C, c'eſt-à-dire, dont le point C eſt tel, que tous les points μ de la partie C N, ont une force boréale, tandis que tous les points μ de la partie C S′ ont une force auſtrale: ſi l'ordonnée μr repréſente la force du point μ, & ſi, par les extrémités de toutes les ordonnées, on fait paſſer une ligne M C M′, cette ligne ſera le lieu géométrique de toutes les forces magnétiques, & coupera l'Aiguille en un point C, qui ſera le centre aimantaire Mais, par le ſecond principe, la ſomme des forces boréales eſt égale à la ſomme des forces auſtrales, d'où l'on conclura que l'aire C M N = l'aire C M′ S′. *Fig. III.*

Mais l'Expérience nous montre, que dans les Aiguilles homogènes, aimantées à ſaturité, le centre aimantaire ſe trouve au milieu des Aiguilles: ainſi, ſi nous ſuppoſons que la quantité φ force aimantaire du point μ, eſt exprimée par $nl^q r^k$, n étant un coefficient conſtant, l la moitié de la longueur de l'Aiguille, & r la diſtance du point μ au point C, q & k les puiſſances de l & de r, nous tirerons de ce que $\int \varphi \mu r = Q \cdot l$, Q étant un poids conſtant, $\int \varphi \mu r = \int n \delta l^q r^{k+1} dr = \frac{n \delta l^q r^{k+2}}{k+2}$; &, lorſque $r = l$, l'on aura $\frac{2n\delta l^{q+k+2}}{k+2} = Q \cdot l$: or, comme cette équation doit être identique, & que Q eſt une quantité conſtante, il faut que $(q+k+1) = 0$, ou $(q+k) = -1$; ainſi, la force φ, pour l'extrémité N, étant nl^{q+k}, l'on a toujours

à l'extrémité des Aiguilles, $\varphi = (\frac{n}{1})$, quelle que ſoit d'ailleurs la valeur de q ou de k.

17. Si l'on ſuppoſe avec la plupart des Auteurs qui ſe ſont occupés de la matiere magnétique, que les forces boréales & auſtrales des différens points μ de l'Aiguille, ſont comme les diſtances $c\mu$ de ces points au centre aimantaire, pour lors $\varphi = nl^{1}r$ & $q = -2$; ainſi $\varphi = \frac{n}{n}$, & le lieu géométrique MCM′, ſera une ligne droite.

18. Quoiqu'il y ait pluſieurs Expériences qui ſemblent ſe réunir à prouver, que les forces des différens points d'une lame, ſont comme les diſtances de ces points au centre aimantaire. Il ſe préſente une difficulté qui doit, ce me ſemble, rendre circonſpect ſur cette hypothèſe: l'on conçoit, à la vérité aſſez facilement, que lorſqu'une Aiguille eſt aimantée à ſaturité, le centre aimantaire ſe trouvant au milieu de la lame, le lieu géométrique des forces magnétiques, peut être repréſenté par deux triangles égaux, oppoſés par la pointe & liés par la même équation: mais nous ſommes les maîtres de tranſporter ce centre magnétique vers les extrémités de la lame, en nous ſervant de la pratique preſcrite par M. le Monnier, (*Loi du Magnétiſme*, *pag.* 107.) Si nous ſuppoſons que ce centre ſe trouve dans un autre point que le milieu de la lame, pour lors les forces boréales ſeront repréſentées (*Fig.* 4), par un un triangle C M N, & les forces auſtrales par un triangle M′C S: la Loi de continuité exige que les deux triangles ſoient ſemblables, ou que M C M′ ſoit une ligne droite: mais il réſulte du premier principe, que la ſomme des forces auſtrales doit être égale à la ſomme des forces boréales: ainſi il faut, pour ſatisfaire à ce principe, que les deux triangles ſoient égaux, ce qui eſt incompatible avec la ſimilitude des deux triangles; lorſque la ligne N C ſera plus grande ou plus petite que C S: ainſi, l'hypothèſe des forces aimantaires des différens points de l'Aiguille, proportionnelles à la diſtance de ces points, ne peut pas être admiſe.

Nouvelles Expériences pour déterminer la Force de direction des Lames aimantées.

19. Si les Expériences de *Muſſchenbroek* étoient plus nombreuſes ; ſi la théorie du Magnétiſme avoit été portée de ſon temps au degré où elle eſt parvenue ; l'autoriré de cet Auteur en fait de Phyſique, a un ſi grand poids, que j'aurois adopté aveuglément les formules ſimples qui en réſultent ; mais il ſera facile de s'appercevoir qu'elles ſont incompatibles avec la théorie du magnétiſme, lorſqu'on aura expoſé ce que des eſſais répétés ont fait entrevoir depuis quelques années, ſur la manière dont la vertu aimantaire ſe communique : j'en tirerai des conſéquences que je crois intéreſſantes au ſujet que je traite.

20. Lorſque le pole d'un aimant eſt poſé ſur l'extrémité d'une lame d'acier en n', ſi c'eſt, par exemple, le pole auſtral de l'aimant, qui touche le point n', une partie $n'C$ de cette lame prend une force boréale, tandis que l'autre CS', prend une force auſtrale ; & le centre C, qui ſépare la partie boréale de la partie auſtrale, qui n'a aucune force magnétique, s'appelle le centre magnétique, ou centre d'indifférence. Si l'on fait gliſſer le pole S de l'aimant le long de la lame, le centre d'indifférence C s'approche du point S' la force auſtrale de l'extrémité S' va d'abord en augmentant, juſqu'à ce que le pole de l'aimant ſoit parvenu à un point E ; puis elle diminue juſqu'à ce que le pole ſoit arrivé à un point Q, où elle eſt nulle. Elle devient enſuite boréale, & va toujours en augmentant juſqu'à ce que le pole auſtral S de l'aimant ſoit arrivé au point S' : ce que l'on dit par rapport au point S', aura également lieu pour le point n, ſa force d'abord boréale, augmentera, diminuera, deviendra nulle, puis auſtrale, pendant que le pole de l'aimant parcourera la longueur de la lame. *Fig. V.*

Ce que l'on vient de trouver pour le pole auſtral de l'aimant, aura également lieu, *vice verſa*, en ſe ſervant du pole boréal N.

Ces Expériences ont été faites par pluſieurs Auteurs; l'on en trouve le détail le plus circonſtancié, dans un Ouvrage de Vanswiden, (*Tentamina theoriæ Mathematicæ de Phænomenis magneticis*,) l'on conçoit que, dans l'opération que nous venons de détailler, lorſque la force aimantaire des extrémités n' ou S' devient nulle; pour lors le centre d'indifférence de cette lame, tombe aux extrémités de la lame.

Fig. VI. 21. En général, le pole d'un aimant étant appliqué à un point μ (*Fig. 6.*) d'une lame, communique à ce point une force d'un nom contraire à celle du pole de l'aimant qui touche le point de la lame: en ſorte que ſi c'eſt, par exemple, le pole boréal de l'aimant qui touche le point μ, ce point μ prendra une force auſtrale: il en ſera de même de tous les points circonvoiſins, qui prendront tous une force auſtrale, cette force ira toujours en diminuant juſqu'aux points C & C', qui ſeront des centres aimantaires: les extrémités C M & C' M' auront des forces boréales. Il arrivera le plus ſouvent, que l'extrémité la plus courte μ M', aura une force auſtrale, & que la lame ſe diviſera ſeulement en deux parties par un centre C: il pourra arriver auſſi qu'elle ſe diviſe en trois & quatre parties par pluſieurs centres magnétiques, ce qui dépend de la nature de cette lame, de ſes dimenſions, & de la force de l'aimant.

Si l'on fait gliſſer le pole N de l'aimant le long de la lame, les centres aimantaires parcoureront cette lame; mais le point ſur lequel ſe trouvera le pole N, recevra toujours une force d'un nom contraire à ce pole.

22. De ces Expériences il réſulte que puiſque le pole d'un aimant produit toujours ſur la partie de la lame où il eſt appliqué, une force d'un nom différent du pole qui touche; ſi l'on joint enſemble deux lames aimantées à ſaturité, en réuniſſant les poles du même nom; quelle que ſoit la cauſe de leur action, elles tendent à produire l'une ſur l'autre une force d'un nom contraire à celle dont elles ſont douées: ainſi, l'effet de

cette action doit diminuer la force polaire de chacune de ces lames.

Par conſéquent, la force aimantaire de chaque élément longitudinal d'un aimant artificiel, diminue néceſſairement à meſure que ſa groſſeur augmente : ainſi, la force totale de deux aimans artificiels de la même longueur, mais d'une groſſeur inégale, aimanté l'un & l'autre à ſaturité, ſera dans un moindre rapport que celui de leur maſſe.

23. Si, au lieu de faire toucher le pole d'un aimant à une lame d'acier, on le préſente ſeulement à une ou deux lignes de diſtance, l'on aura les mêmes phénomènes que dans l'*art.* 21 ; mais le degré de magnétiſme qu'acquèrera la lame, ſera moindre que dans le premier cas.

Ainſi, chaque point d'un aimant ou d'une lame aimantée, peut être regardé comme le pole d'un petit aimant, qui tend à produire dans les autres points de cette lame une force d'un nom contraire à celui qu'il a lui-même ; & l'effet de cette action eſt d'autant plus grand, que l'intenſité de la force du point qui agit, eſt plus grande, & que ſa diſtance aux points ſur leſquels il agit, eſt moindre ; ainſi la force magnétique d'un aimant, dépend de l'action réciproque que tous les points de cet aimant exerce l'un ſur l'autre.

24. Si l'on développe les raiſonnemens qui précèdent, l'on verra que puiſque l'action qu'éprouve un point magnétique, augmente néceſſairement, ſuivant que l'intenſité de la force des autres points qui forment la lame augmente, ſuivant que le nombre des points qui agiſſent eſt plus grand, & qu'ils exercent leur action à une moindre diſtance : plus les points d'un aimant artificiel ſeront rapprochés par la figure de cet aimant, plus l'action que les différentes parties exercent l'une ſur l'autre, pour détruire leurs forces réciproques, ſera conſidérable, & par conſéquent plus la force de chaque point ſera moindre.

Ainſi, dans deux lames du même poids & de la même longueur, le magnétiſme ſera plus grand, dans celle dont la largeur ſera plus grande, parce que les fibres longitudinaux ſeront plus iſolés dans la lame la plus large.

Ainſi, ſi une lame eſt ſéparée en deux parties, chacune d'elles aimantée à ſaturité, recevra en particulier un plus grand degré de magnétiſme, que lorſqu'elles étoient réunies.

Ainſi de toutes les figures, la figure cylindrique étant pour les verges d'acier, celle où les parties à longueur égale, ſont pour le même poids rapprochées de plus près, ſera auſſi celle où l'action mutuelle des parties aimantaires ſera la plus grande, & par conſéquent celle dont le magnétiſme ſera le moindre.

En continuant à ſuivre les mêmes analogies, l'on trouvera que les points de la ſurface d'une lame, ſeront néceſſairement doués d'une force aimantaire plus conſidérable que les points de l'intérieur de cette lame, puiſque les parties intérieures ſont touchées de tous côtés par des élémens qui tende à détruire leur force aimantaire; au-lieu que, dans les ſurfaces, il n'y a qu'un côté qui ſoit en contact.

L'on trouvera également que les angles des verges aimantées, ſont les parties qui prendront le plus grand degré de magnétiſme, parce que ce ſont les parties qui ſont les plus iſolées.

Enfin l'on en conclura qu'à groſſeur égale, les extrémités d'une longue lame aimantée à ſaturité, & dont le centre magnétique ſe trouve au milieu, auront moins de force que les extrémités d'une petite lame; puiſque, dans la premiere, il y a plus de parties qui agiſſent, que dans la ſeconde, &c.

25. De ces réflexions, l'on peut tirer une foule de conſéquences, ſur le choix des lames aimantées dans la conſtruction des Bouſſoles: mais, avant de nous livrer à cette diſcuſſion, nous allons rendre compte de pluſieurs Expériences, qui nous aideront

aideront à développer cette théorie d'une maniere plus ſûre & plus préciſe.

26. L'on s'eſt ſervi, dans les Expériences qui vont ſuivre, pour aimanter les lames à ſaturité, de deux barres d'acier, dont la longueur étoit de 12 pouces, & la largeur d'un pouce, l'épaiſſeur de 5 lign. L'on a aimanté, par la méthode de la double touche, telle qu'elle eſt preſcrite par MM. Antheaume & Œpinus: elle conſiſte *(Fig. 7)*, à incliner les deux aimans artificiels ſur la lame que l'on veut aimanter; en ſorte que le pole auſtral S de la barre N S, ne ſoit qu'à une ou deux lignes du pole boréal N′ de la barre N′ S′. Dans cette ſituation, l'on fait gliſſer les deux aimans d'une extrémité de la lame à l'autre: lorſque la lame a peu d'épaiſſeur & qu'elle n'a que ſept à huit pouces de longueur, il eſt rare qu'elle ne ſoit pas aimantée à ſaturité, après ſept à huit frottemens un peu lents ſur chacune des faces: l'on s'aſſure que la lame eſt aimantée à ſaturité, lorſque ſuſpendue horizontalement, elle continue à faire le même nombre d'oſcillations dans le même tems, quelque nombre de fois qu'elles ſoient de nouveau frottée, ou quoique vous employez d'autres aimans que les premiers.

L'on s'eſt ſervi, dans toutes les Expériences, d'un acier très-pur & du même grain: toutes les lames ont été tirées d'une ſcie d'Allemagne, d'une épaiſſeur à-peu près uniforme: mais l'on a eu ſoin de la planer long-tems à froid ſous le marteau; l'Expérience a appris que c'eſt le ſeul moyen d'avoir des réſultats ſuivis, & d'éviter des inégalités qui tiennent à la diſſimilitude de la poſition des parties, & dont aucune hypothèſe ne peut rendre compte.

Lorſqu'une lame étoit aimantée à ſaturité, on la ſuſpendoit de champ horizontalement, par une ſoie très-flexible, à l'extrémité de laquelle étoit attaché un peu de cire que l'on colloit à cette lame: l'on s'étoit aſſuré par des Expériences, que l'on expliquera plus bas, que la torſion de la ſoie ne pouvoit point influer ſur le temps des oſcillations: l'on comptoit avec *Fig. VIII.*

ſoin le tems que la lame employoit à faire 20 oſcillations; chaque opération étoit répétée deux fois, l'on coupoit enſuite un pouce de chaque côté de la lame; le reſtant étant aimanté à ſaturité, l'on faiſoit les mêmes opérations que ſur la premiere lame.

La lame oſcilloit dans un boëte bien fermée, pour que les courans d'air qui régnoient dans la chambre, ne troublaſſent point les Expériences : cette précaution eſt ſur-tout indiſpenſable, lorſque l'on a du feu.

Expériences pour déterminer la Force aimantaire des Lames, eu égard à leur longueur.

Première Expérience.

27. La lame avoit trois lignes de large : une longueur d'un pied, peſoit 288 grains; elle faiſoit ſes oſcillations;

SAVOIR,

Pour une longueur de 16 pouces, 20 oſcillations en 231″
12 180
10 154
8 126
6 98
4 80

Seconde Expérience.

La lame avoit huit lignes de large : une longueur d'un pied peſoit 976 grains, elle a fait ſes oſcillations;

SAVOIR,

Une longueur de 16 pouces, 20 oſcillations en 254″
12 202
8 154
4 104

Troiſième Expérience.

Cette lame avoit douze lignes de large; une longueur d'un pied peſoit 1105 grains; elle a fait ſes oſcillations;

SAVOIR,

Une longueur de 16 pouces, 20 oſcillations en 250″.
12 205
8 153
4 110

Réſultat de ces trois Expériences.

Dans la premiere Expérience, l'on a pour une lame de 12 pouces de longueur & de 3 lignes de large; 20 oſcillations en 180″. Dans la même Expérience, l'on a, pour une lame de 4 pouces de longueur, & ayant d'ailleurs les mêmes dimenſions que la précédente, 20 oſcillations en 80″: ainſi, la différence du temps pour 20 oſcillations dans ces deux lames, eſt de 100″.

Dans la deuxieme Expérience, l'on a, pour une lame de 8 lignes de large & de 12 pouces de longueur, 20 oſcillations en 202″: pour cette même lame réduite à 4 pouces, l'on trouve 20 oſcillations en 104″: ainſi, la différence du temps, pour une diminution de longueur égale à 8 pouces, ſe trouve pour 20 oſcillations 98″.

Dans la troiſieme Expérience, l'on trouve, pour une lame de 12 lignes de largeur & d'un pied de longueur, 20 oſcillations en 205″: l'on a, par la même Expérience, pour une lame de 4 pouces, 20 oſcillations en 110″, ce qui donne, pour une diminution de 8 pouces; dans le tems de 20 oſcillations, une diminution de 95″.

En comparant actuellement ces trois réſultats, l'on voit qu'une diminution égale dans les longueurs, donne, à peu de

choſe près ; la même diminution dans le tems des oſcillations : ainſi, la largeur des lames n'influe que très-peu ſur cette diminution.

Si l'on compare, dans chaque Expérience particuliere, la diminution du tems des oſcillations, avec le raccourciſſement des lames, l'on verra que ce tems décroît, à peu de choſe près, par des quantités qui ſont proportionnelles aux diminutions des lames.

L'on voit encore, par ces Expériences, que le tems total des oſcillations eſt plus grand, à épaiſſeurs & longueurs égales pour les lames larges que pour les lames étroites. C'eſt ce qui réſulte évidemment de la premiere Expérience comparée avec la troiſieme ; c'eſt ce que la théorie avoit annoncé : la deuxieme Expérience comparée avec la troiſieme, ſemble donner un réſultat contraire ; mais, ſi l'on fait attention que la deuxieme lame, quoique plus étroite que la troiſieme, eſt proportionnellement plus peſante, & par conſéquent plus épaiſſe, l'on verra qu'elles donnent un réſultat exactement conforme à la théorie du Magnétiſme.

Quatrième Expérience.

28. L'on a cherché à déterminer dans cette Expérience, ſi en augmentant, l'épaiſſeur des lames, l'incrément du tems des oſcillations, continueroit à être proportionel à l'accroiſſement des longueurs de la lame, comme dans les articles précédens.

La lame dont on s'eſt ſervi dans cette Expérience, étoit de la même nature que les précédentes : elle avoit trois lignes de large, comme celle de la premiere Expérience ; mais ſon épaiſſeur étoit un peu plus que triple, & les 12 pouces de longueur peſoient 936 grains : elle a donné ſes oſcillations ;

SAVOIR,

Pour une longueur de 12 pouces, 20 oſcillations en 229″.
10 208
8 176
6 151
4 128

Réſultat de cette Expérience.

Si l'on retranche dans cette Expérience du temps qu'une lame de 12 pouces, emploie à faire 20 oſcillations; le temps qu'une lame de 4 pouces de longueur, emploie à faire les mêmes 20 oſcillations; l'on trouve 101″, quantité preſque exactement la même que celle que nous avons trouvée par la premiere Expérience. Ainſi, il paroît que l'épaiſſeur ne change rien à l'accroiſſement du tems des oſcillations, qui eſt toujours proportionnel à l'accroiſſement des longueurs.

29. En raſſemblant actuellement les réſultats de toutes les Expériences qui précèdent, on verra facilement que le tems T, d'un certain nombre d'oſcillations, pourra toujours être repréſenté pour les lames d'une épaiſſeur & d'une largeur uniforme, par une quantité $(A + ml)$ ou A exprime une fonction de l'épaiſſeur & de la largeur, & (ml) eſt le produit d'un coefficient conſtant; par la longueur l, la quantité A augmentera à meſure que la largeur & l'épaiſſeur augmenteront: elle ſera plus grande pour une verge cylindrique que pour une autre figure.

Le coefficient conſtant m, dépendra de la nature de l'acier & du degré de magnétiſme dont il ſera ſuſceptible. Ce coefficient ſera plus grand, à meſure que l'acier ou le fer ſera moins ſuſceptible de magnétiſme. Dans les fils-de-fer répandus dans le commerce, l'on trouve moyennement qu'une diminution de huit pouces dans la longueur, produit une diminution de

120″ pour 20 oscillations : cherchons actuellement à déterminer la quantité A.

Expériences relatives à la largeur des Lames.

Cinquième Expérience.

L'on a cherché, dans cette Expérience, à trouver un rapport entre le tems des oscillations & la largeur des lames : l'on a pris en conséquence une lame de 4 pouces de longueur & d'un pouce de large, que l'on a divisé exactement en $\frac{25}{3}$ de ligne : cette lame, d'une épaisseur uniforme, pesoit 378 grains ; après avoir été aimanté à saturité, elle a été suspendue comme les lames des articles précédens, & l'on a déterminé le tems où elle faisoit 20 oscillations. L'on a ensuite retranché une partie de sa largeur ; la partie restante a été aimantée de nouveau à saturité, & l'on a mesuré le tems qu'elle employoit pour faire 20 oscillations, continuant cette opération en diminuant peu-à-peu la largeur de la lame, l'on a eu ;

	SAVOIR,		A
I. Essai, pour une Lame de $\frac{25}{3}$ de ligne de large,	20 oscill. en	114″ ..	65″
II. ..... $\frac{22}{3}$		99 ..	50
III. ..... $\frac{19}{3}$		83 ..	34
IV. ..... $\frac{17}{3}$		74 ..	25
V. ..... $\frac{15}{3}$		68 ..	19

Résultat de cette Expérience.

L'expression générale du tems des oscillations, est représentée par la quantité $(A+ml)$: or une diminution de 8 pouces dans la longueur des lames, produit (*Exp.* 1, 2, 3,) pour 20 oscillations, une diminution de 98″, quantité à-peu-près moyenne entre (100 & 95,) donnée par la premiere & la troisieme Exp. Ainsi, la lame ayant ici 4 pouces de longueur, *ml* sera égal à 49″, & l'expression générale deviendra $T = (A+49'')$: ainsi, en retranchant par-tout, dans cette Expé-

rience, 49″ du tems des 20 oscillations, l'on aura la quantité A désignée à la fin de chaque essai.

Mais nous venons de voir, dans l'Article précédent, que cette quantité est égale à une fonction de la largeur & de l'épaisseur : ainsi, si cette fonction peut être représentée par un seul terme, l'on aura $A = nL^{\mu}E^{\nu}$, n étant un coefficient constant, L^{μ} une puissance μ de le largeur, & E^{ν} une puissance E de l'épaisseur ; & puisque dans nos Essais, l'épaisseur est constante, nous devons trouver les valeurs de A proportionnelles à L^{μ} : ainsi, en comparant deux lames d'une différente largeur L & L′ avec les quantités qui leur correspondent, A & A′, l'on aura $A : A' :: L^{\mu} : L'^{\mu}$, d'où $\frac{A}{A'} = (\frac{L}{L'})^{\mu}$ & $\mu = \frac{log\,(\frac{A}{A'})}{log\,(\frac{L}{L'})}$.

Il est facile actuellement, en substituant à la place de A, & à la place de L, leur valeur numérique donnée à chaque Essai, de découvrir la quantité μ.

I. & V. Essai { Une lame de $\frac{36}{3}$ de ligne de large, donne $A = 65''$
Une lame de $\frac{3}{3}$ de ligne de large, donne $A = 19''$.

Il résulte de ces deux articles, $\mu = \frac{log\,(\frac{65}{19})}{log\,(\frac{36}{3})} = 0 \cdot 4951$.

I. & IV. Essai { Une lame de $\frac{36}{3}$ de ligne de large, donne $A = 65''$
Une lame de $\frac{7}{3}$ de ligne de large, donne $A = 25''$.

Il résulte de ces deux Essais, $\mu = \frac{log\,(\frac{65}{25})}{log\,(\frac{36}{7})} = 0 \cdot 5835$.

I. & III. Essai ; il résulte de ces deux Essais, $\mu = 0 \cdot 6363$.

I. & II. Essai ; il résulte de ces deux Essais, $\mu = 0 \cdot 5330$.

Quoique la valeur de μ ne soit pas parfaitement égale dans toutes ces comparaisons ; cependant les différences sont trop peu considérables, pour qu'elles puissent être attribuées à autre chose qu'à l'imperfection des opérations ; & l'on peut, sans erreur sensible pour la pratique, supposer $\mu = \frac{1}{2}$.

Des Expériences pareilles, faites avec des lames de ſix & huit pouces de longueur, m'ont donné les mêmes réſultats, & la quantité μ n'a jamais différé de $\frac{1}{6}$ de ſa valeur $\frac{1}{2}$. Il ne faut pas, au ſurplus, eſpérer dans ces Expériences une plus grande exactitude, quelques parties hétérogènes ſuffiſent pour produire ces différences.

Expériences relatives à l'épaiſſeur des Lames.

Sixième Expérience.

31. Il n'étoit plus queſtion, pour avoir une théorie complète des lames aimantées, que de déterminer, combien leur épaiſſeur augmentoit le tems des oſcillations. Voici les différens eſſais que l'on a fait pour s'en aſſurer.

1.er Eſſai. Une lame de 4 pouces de longueur, de 3 lignes de large, peſant 310 grains, a été aimantée à ſaturité; elle a fait 20 oſcillations en 136″, ce qui donne A.....87″

2.me Eſſai. L'on a fait limer la ſurface de la lame de l'Eſſai précédent, ſans rien diminuer de ſa largeur : cette lame réduite à 200 grains & aimantée à ſaturité, a fait 20 oſcillations en 112″; ce qui donne A.....63″.

3.me Eſſai. Réduite par la même opération, à 104 grains ou au tiers de ſa premiere épaiſſeur, elle a donné 20 oſcillations en 79″, d'où A.....30″

4.me Eſſai. Réduite ſur la meule à 64 grains, elle a donné 20 oſcillations en 70″ d'où A.....21″

5.me Eſſai. Réduite à 33 grains, a fait 20 oſcillations en 60″, il réſulte A.....11″.

Réſultat de cette Expérience.

Les épaiſſeurs des lames ſont entr'elles, dans ces cinq Eſſais, à-peu-près comme les nombres 3, 2, 1, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$, la quantité A correſpondante,

correſpondante, eſt exprimée par les nombres 87, 63, 30, 21, 11, qui diffèrent très-peu d'être dans le même rapport que les premiers : ainſi, l'on en peut déduire, que la quantité A croit proportionnellement à l'épaiſſeur ; & la formule générale $T = A + ml$, qui exprime le temps d'un certain nombre d'oſcillations, deviendra $T = (nL^{\frac{1}{2}}E + ml)$.

Lames composées.

Du degré de magnétiſme de pluſieurs Lam. jointes enſemble.

32. Pour pouvoir ſe rendre compte plus exactement de l'accord de la théorie du Magnétiſme avec l'Expérience : pour pouvoir pénétrer dans l'intérieur des barres aimantées, l'on a joint pluſieurs lames qui ſe touchoient exactement par tous les points de leur ſurface. Elles étoient fixées enſemble à leurs extrémités & à leur centre, par trois petits liens de ſoie très-légers : les faiſceaux ainſi compoſés, ont été aimantés à ſaturité ; on les a ſuſpendu & fait oſciller, pour avoir leur degré de magnétiſme ; en décompoſant enſuite ces faiſceaux, l'on a fait oſciller en particulier chaque lame, pour pouvoir les comparer l'une à l'autre. Voici le réſultat de quelques-unes de ces Expériences.

Septième Expérience.

33. 1.er Eſſai. Une ſeule lame de quatre pouces de long ; trois lignes de large, peſant 108 grains, a donné 20 oſcillations en 80″ d'où A..... 31″.

2.me Eſſai. Deux lames des mêmes dimenſions que la premiere, ont été réunies le plus exactement qu'il a été poſſible, elles formoient une ſeule lame qui avoit le double d'épaiſſeur de la premiere, & qui peſoit 218 grains ; elle a donné ſes 20 oſcillations en 114″, d'où A..... 65″.

3.me Eſſai. Trois lames réunies de la même maniere que les deux précédentes, ont donné leurs 20 vibrations en 139″ ; d'où A..... 90″.

4.e Eſſai. Cinq lames réunies, ont donné leurs 20 aſcillations en 190″, d'où A.....141″.

5.e Eſſai. Huit lames réunies, ont donné leurs 20 oſcillations en 242″, d'où A.....193.

Réſultat de cette Expérience.

Il ſuit de cette Expérience, comparée avec la ſixième, qu'un faiſceau de lames prend à-peu-près le même degré de magnétiſme, qu'une lame ſeule de la même figure, & du même poids, conſéquemment que la quantité A, eſt proportionnelle aux épaiſſeurs. C'eſt ce qui réſulte encore ici des trois premiers Eſſais. Mais ſi l'on compare le premier & le cinquieme Eſſai, l'on trouvera dans la quantité $A = nL^{\mu}E^{\nu}$, que $\nu = 0{\cdot}7783$, quantité plus petite que l'unité: d'où il paroît qu'il faut conclure, que lorſque l'épaiſſeur eſt très-conſidérable, tout étant égal d'ailleurs, la quantité A croît dans un moindre rapport que les épaiſſeurs; mais cette remarque, qui ſemble devoir introduire un ſecond terme dans la fonction des largeurs & épaiſſeurs qui repréſentent la quantité A, ne peut influer que ſur les barres d'une très-grande épaiſſeur, & non ſur les lames de Bouſſole, que la théorie du Magnétiſme nous a appris devoir être larges & légères.

Huitième Expérience.

34. Pour avoir actuellement la force aimantaire des différentes lames réunies dans l'Expérience qui précède, j'ai décompoſé les faiſceaux, & j'ai fait oſciller en particulier chaque lame.

1.er Eſſai. Un faiſceau de trois lames, qui donnoit ſes 20 oſcillations en 139″, ayant été décompoſé, les deux lames des ſurfaces ont donné leurs 20 oſcillations, l'une en 100″; l'autre en 114; la lame du centre n'a donné preſque aucun ſigne de magnétiſme.

2.me Eſſai. Le faiſceau de huit lames, qui donnoit ſes 20 oſcillations dans 242″, étant décompoſé, a donné pour chaque lame particuliere, le même nombre d'oſcillations dans l'ordre qui ſuit :

I. Lame, de la ſurface, 20 oſcillations en 91″.
II. 231
III. 278
IV. 211
V. 222
VI. 237
VII. ... les poles renverſés 237
VIII. ... de la ſurface 90

3.me Eſſai. Comme j'ai pu ſoupçonner que la matière magnétique étoit dans les deux Eſſais qui précèdent, dans une ſituation forcée, parce que les faiſceaux ont été décompoſés quelques heures ſeulement après avoir été aimantés. Voici ce que l'on a fait pour connoître le magnétiſme de chaque lame, lorſqu'elle ſeroit parvenue à un état ſtable.

L'on a pris un faiſceau formé de cinq lames, dont on avoit chaſſé avec ſoin tout le magnétiſme, avant de les réunir. L'on a enſuite aimanté ce faiſceau à ſaturité ; il a donné 20 oſcillations en 190″ ; l'on a laiſſé ce faiſceau pendant deux mois ſans le déſunir, pour que, ſi la matiere magnétique ſe trouvoit dans un état forcé, elle eût le tems de ſe diſtribuer, ſuivant une ſituation naturelle : au bout de deux mois, l'on a cherché quelle étoit la force magnétique de chaque lame, & voici ce que l'on a trouvé.

Toutes les Lames étant réunies, 20 oſcillations en 196″

Le Faiſceau de cinq Lames décompoſé.

I. Lame de la ſurface, 20 oſcillations en 105
II. 438
III. 340
IV. 320
V. ... de la ſurface 98

Réſultat de cette Expérience.

La force aimantaire de chacune des lames des Expériences précédentes, étant, en raiſon inverſe, du quarré des tems de leurs oſcillations, il en réſulte que la force magnétique des lames intérieures, eſt beaucoup moindre que celle des ſurfaces; il arrive même quelquefois, en décompoſant les faiſceaux que les poles d'une ou de pluſieurs lames ſont renverſés; c'eſt ce que j'ai remarqué dans le deuxieme Eſſai pour la ſeptième lame.

Le dernier Eſſai, qui a été fait avec beaucoup de ſoin, nous prouve que la force magnétique des parties intérieures des barres aimantées, eſt preſque nulle par rapport à la force magnétique des ſurfaces.

L'on doit cependant obſerver, que le *momentum* magnétique des lames intérieures, n'eſt probablement pas le même, lorſque les lames ſont réunies; &, lorſqu'elles ſont diviſées, j'ai preſque toujours trouvé, en calculant le *momentum* magnétique de chaque lame en particulier, que la ſomme de ces *momentum*, étoit plus grande que le *momentum* du faiſceau avant la déſunion; ce qui provient probablement de ce que l'état magnétique de chaque lame, dépendant de l'action mutuelle de toutes les lames qui compoſent le faiſceau, cet état change lorſque les lames ſont déſunies.

Neuvième Expérience.

Sur la Force magnétiq. dans les parties intérieures des Lames.

35. Entre deux lames de huit lignes de largeur & de quatre pouces de longeur peſant chacune 244 grains, l'on a inſéré une troiſieme lame des mêmes dimenſions, mais diviſée ſuivant ſa longueur en trois autres lames; la lame du centre avoit 4 lignes de large, celle des deux bords avoient chacune deux lignes: la lame de 4 lignes ſe trouvoit par conſéquent placée au centre du faiſceau qui a été aimantée à ſaturité. Voici le

réſultat, qui m'a paru intéreſſant pour la théorie du magnétiſme.

Le faiſceau a donné 20 oſcillations en 172″.

En décompoſant le Faiſceau.

Les lames de huit lignes de chaque ſurface, ont donné leurs 20 oſcillations en 123″.

Les lames de 2 lignes qui formoient les bords de la lame centrale, 20 oſcillations en 124″.

La lame centrale de 4 lignes de large, a fait ſes 20 vibrations en 128″; mais ſes poles étoient dans une ſituation contraire à ceux du faiſceau : en ſorte que ſon extrémité boréale étoit placée dans l'extrémité auſtrale du faiſceau.

Réſultat de cette Expérience.

Il ſuit évidemment de cette Expérience, qu'il peut arriver ſouvent que les parties centrales des barres aimantées, aient une force d'un nom contraire à celle des parties qui les avoiſinent.

36. Nous avons fait un grand nombre d'Expériences du même genre, ſoit en joignant pluſieurs lames pour augmenter les épaiſſeurs, ſoit en joignant les mêmes lames, ſuivant leur largeur. Nous avons auſſi compoſé des faiſceaux, avec des fils d'acier très-fin : mais toutes ces expériences, qui nous ont paru propres à éclairer la théorie du magnétiſme, n'ont pas un rapport aſſez direct, avec le ſujet principal de ce Mémoire, pour trouver leur place ici. Il en eſt de même de toutes les Expériences que nous avons pu faire avec des lames, que l'on aimantoit d'abord à ſaturité, chacune en particulier, & dont on formoit enſuite des faiſceaux, lorſqu'on venoit à les déſunir, la force magnétique des lames centrales avoit preſque diſparu, ou au moins n'étoit guère plus conſidérable que dans les Expériences de l'Art. XXXIV.

Réflexions sur la Formule générale $T = (mL^{\frac{1}{2}}E + nl)$.

37. L'on peut assurer que la formule $T = mL^{\frac{1}{2}}E + nl$ a été confirmée par un grand nombre d'Expériences, & qu'elle a toujours annoncé les résultats d'une manière aussi exacte, que l'on peut l'attendre dans la pratique.

Nous allons actuellement la comparer avec les formules du mouvement oscillatoire, déterminée dans l'Art. VII, & nous en tirerons les conséquences qui peuvent avoir rapport à notre objet.

Nous avons trouvé (Art. II.) $\int \varphi \mu r = (180°)^2 \frac{\int \mu r^2}{TT}$: d'un autre côté, nous avons, pour les lames d'une largeur & d'une épaisseur uniforme, dont nous supposons la densité égale à l'unité, $\int \mu r^2 = \frac{2LE \cdot l^3}{3}$: substituant ces deux valeurs, & faisant $\pi = \frac{2}{3}(180°)^2$, nous aurons $\int \varphi \mu r = \frac{\pi \cdot LE \cdot l^3}{(mL^{\frac{1}{2}}E + nl)^2}$.

Voici ce que cette équation présente.

38. Le *momentum* de la force aimantaire $\int \varphi \mu r$, croîtra avec la longueur de la lame, & deviendra infini lorsque cette longueur sera infinie.

39. Ce même *momentum* croîtra à mesure que la largeur L augmentera; & lorsque cette largeur sera infinie, il sera égal à $\frac{\pi l^3}{m^2 E}$.

40. Si nous différencions cette équation en faisant seulement E variable, nous trouverons, pour le *maximum* de $\int \varphi \mu r$, $\frac{dE}{E} = \frac{2mL^{\frac{1}{2}}dE}{mL^{\frac{1}{2}}E + nl}$ & $E = \frac{nl}{mL^{\frac{1}{2}}}$.

41. Si l'on divise $\int \varphi \mu r$ par la section transversale LE,

l'on aura le *momentum* moyen de la force aimantaire de chaque fibre longitudinal, dont on peut ſuppoſer la lame formée; ce qui donnera $\frac{\int \Phi \mu r}{LE} = \frac{\pi l^3}{(mL^{\frac{1}{2}}E + nl)^2}$; quantité qui augmentera à meſure que la quantité l augmentera, qui deviendra infinie avec cette quantité, qui augmentera également, à meſure que L ou E diminueront, & qui ſera égale à $\frac{\pi l}{n^2}$, lorſque L ou E ſeront nulles; ce qui donne le *momentum*, dans ce dernier cas, proportionnel à la longueur de la lame. L'on retrouve ici la formule de M. *Muſſchenbroek*, qui n'eſt vraie que lorſque L ou E peuvent être ſuppoſés infiniment petits, ou que la quantité $mL^{\frac{1}{2}}E$ peut être négligée; mais encore, dans ce cas, le poids n'entre pour rien dans cette expreſſion; ce qui eſt encore contraire à la théorie de cet Auteur,

CHAPITRE III.

Expériences & Théorie ſur la Force de torſion des Cheveux & des Soies : comparaiſon de ces Forces avec la Force magnétique : de la Réſiſtance de l'Air dans les Mouvemens très-lents : Conſtruction d'une nouvelle Bouſſole de Déclinaiſon, propre à obſerver les Variations diurnes.

42. TOUS LES MOYENS que l'on peut employer pour ſuſpendre une Aiguille de déclinaiſon, entraînent néceſſairement des inconvéniens. Si on la ſuſpend par un fil de ſoie, ou par un cheveu, il faudra toujours que la bouſſole emploie une certaine force pour les tordre; & ſi la ſoie eſt ſuppoſée tordue, lorſque l'Aiguille ſera ſur ſon véritable méridien, la ſoie fera un effort pour l'entraîner dans une autre direction.

Si l'Aiguille eſt portée, par le moyen d'une chappe, ſur la pointe d'un pivot, quelque parfaite que ſoit cette chappe, quelque dure que ſoit la pointe du pivot, la chappe preſſera de toute la peſanteur de l'Aiguille la pointe du pivot : or toute preſſion engendre du frottement; ainſi, dès que le *momentum*, de la force magnétique, ſera égal au *momentum* du frottement, l'Aiguille ſera ſans action, pour ſe rétablir dans ſon méridien magnétique.

Outre les difficultés, que les moyens de ſuſpenſion préſentent, il en eſt une autre qui provient de la cohéſion de l'air. Tout fluide a une certaine tenacité entre ces parties; ainſi, pour qu'un corps, qui y eſt plongé, puiſſe changer de poſition, il faut néceſſairement que la force qui le tire de ſon état de repos, ſoit plus conſidérable que la réſiſtance que cette tenacité lui oppoſe.

Mais

Mais nous verrons tout-à-l'heure que la réſiſtance dûe à la cohéſion eſt peu conſidérable par rapport à la force aimantaire, & qu'elle peut être négligée.

De la Force de torſion des Cheveux & des Fils de ſoie.

43. Nous ne pouvons citer ici les Expériences d'aucun Auteur : mais celles que nous allons rapporter ſont ſi ſimples, ſi faciles, à répéter, que j'eſpère qu'elles mériteront quelque confiance.

Première Expérience.

J'ai ſuſpendu (*FIG. IX,*) avec un cheveu de ſix pouces de longueur, une pièce de cuivre ronde de huit lignes de diamètre, & peſant 50 grains, de manière qu'elle étoit ſoutenue par ſon centre C, & que ſon plan ſe trouvoit horizontal. J'ai fait tourner cette plaque autour de ſon centre C, ſans la déranger de ſa ſituation horizontale ; le fil A C reſtant toujours vertical ; abandonnée à elle-même, elle a pris, en oſcillant, un mouvement de rotation, autour de ſon centre C. L'on a meſuré le temps de chaque oſcillation, & l'on a trouvé que ſoit que cette plaque fît une, deux & juſqu'à ſix ou ſept révolutions par oſcillation, le temps de chaque oſcillation étoit conſtant & égal à $\frac{16''}{=}$.

Réſultat de cette Expérience.

Lorſqu'un corps ſuſpendu à un fil ou à un cheveu, eſt abandonné à lui-même, il parvient bientôt à un état de repos, dans lequel le fil, qui le ſoutient, ne fait aucun effort pour le faire pirouetter dans aucun ſens. Cet état eſt ce qu'on peut appeler la ſituation naturelle du cheveu. Mais ſi le centre de gravité reſtant immobile, l'on fait pirouetter le corps autour de ce centre ; à meſure qu'en tournant il s'éloignera de la ſituation, où il étoit dans ſon état de repos, le cheveu ſe tordra, & en ſe tordant il fera un effort pour ſe rétablir dans ſa ſituation naturelle : or nous trouvons, dans cette Expérience, que cet effort

produit des oſcillations dont le temps eſt conſtant, quelque ſoit l'angle primitif de révolution : ainſi, les forces de torſion, qui ramènent un corps à ſa ſituation naturelle, ſont néceſſairement proportionelles à l'angle de torſion.

Seconde Expérience.

44. L'on a cherché dans cette Expérience ſi le poids du corps ſoutenu par le cheveu, influoit ſur la force de torſion. Voici ce que l'on trouve.

I. Essai. Une ſeule plaque des mêmes dimenſions que dans l'Expérience précédente, ſuſpendue à un cheveu de ſix pouces, donne une oſcillation en $\frac{161''}{2}$

II. Essai. Sous cette première plaque, l'on a collé avec un peu de cire une ſeconde plaque abſolument ſemblable à la première : les deux pièces réunies ont fait une oſcillation en $\frac{225''}{2}$.

III. Essai. Une troiſième plaque, réunie aux deux autres, a donné chaque oſcillation en $\frac{277''}{2}$.

IV. Essai. Une quatrième plaque réunie de même que les précédentes, donne chaque oſcillation en $\frac{300''}{2}$.

V. Essai. Une cinquième réunie donne chaque oſcillation en $\frac{355''}{2}$.

VI. Essai. Une ſixième pièce en $\frac{399''}{2}$.

VII. Essai. Une ſeptième en $\frac{422''}{2}$.

Réſultat de cette Expérience.

La force de torſion, étant en conſéquence de l'article qui précède, proportionelle à l'angle de torſion. Si la différence des poids ne change rien à cette force, elle ſera la même dans chaque Eſſai, & TT ſera proportionnel à $\int \mu r^2$, T étant le temps d'une oſcillation, & $\int \mu r^2$ la ſomme des produits de tous les points de la plaque, par le quarré de leur diſtance au

centre de rotation C, mais les plaques étant toutes égales, $\int \mu r^2$ eſt comme le nombre des plaques employées dans chaque eſſai; ainſi, il ne s'agit plus que de ſavoir ſi TT eſt proportionnel au nombre des plaques.

Le I. Eſſai, comparé avec le ſecond, donne, par la théorie, pour le temps des oſcill. de deux pièces, 22·6″; l'Exp. 22″

Les I. & III. Eſſais, donnent, pour la théorie,	27·7	27
I. & IV.	32	30
I. & V.	35·8	35
I. & VI.	39	39
I. & VII.	42·3	42

L'on voit, par ce tableau, que l'expérience & la théorie ont la plus grande conformité, & qu'ainſi la maſſe des corps ſoutenus par les cheveux, ou, ce qui revient au même, la tenſion de ces cheveux, n'influe nullement ſur la force de torſion.

Il faut cependant remarquer que lorſqu'on augmente beaucoup le poids des corps, & que les cheveux ou les fils de ſoie ſont prêts à ſe rompre, la même loi ne s'obſerve pas exactement; mais la force de torſion paroît beaucoup diminuée; les oſcillations ne ſont plus iſochrones, le temps des grandes eſt beaucoup plus conſidérable que celui des petites: il arrive dans ce cas que le fil, par une trop grande tenſion, perd ſon élaſticité, à-peu-près comme une lame qui ne conſerve ſon reſſort, que lorſqu'elle eſt ſeulement pliée à un certain point.

Troiſième Expérience.

45. L'on a cherché à déterminer, dans cette Expérience, ſuivant quelle loi l'augmentation de longueur, dans les cheveux, diminuoit la force de torſion.

I. Essai. Un cheveu de trois pouces de longueur, chargé d'une pièce de cuivre, ſemblable à celles des articles précédens, a fait chaque oſcillation en $\frac{11''}{12}$.

II. Essai. Un cheveu de six pouces de longueur, chargé de la même pièce, a fait ses oscillations en $\frac{16''}{2}$.

III. Essai. Un cheveu de douze pouces de longueur, en y suspendant la même pièce, a fait ses oscillations en $\frac{22''}{2}$.

Résultat de cette Expérience.

A mesure que l'on alonge le cheveu, la plaque de cuivre peut faire un plus grand nombre de révolutions, sans augmenter la torsion de ce cheveu. Si, par exemple, on compare la torsion de chaque partie du cheveu, lorsque la pièce de cuivre fait une révolution avec un cheveu de trois pouces de longueur, avec la torsion, lorsque la plaque fait une révolution avec un cheveu de six pouces; la torsion de chaque partie du cheveu se trouvera double dans le premier cas, de ce qu'elle sera dans le second. Il doit donc arriver, suivant tout ce que nous connoissons de l'action des ressorts, que la réaction de la torsion doit aussi être double dans le premier cas; ainsi, les forces de torsion doivent, à révolutions égales, être en raison inverse des longueurs. Mais les formules du mouvement oscillatoires isochrones, nous donne les forces en raison inverse du quarré des temps des oscillations; ainsi, les quarrés des temps doivent se trouver en raison directe de la longueur des cheveux. Comparons cette théorie avec l'expérience.

Les I. & II. Essais, donnent, pour la théorie, $\frac{15''}{2} + \frac{1}{4}$ l'Exp. $\frac{16''}{2}$
I. & III. ..... $\frac{22''}{2}$ l'Exp. $\frac{22''}{2}$

L'expérience & la théorie s'accordent donc encore ici, pour prouver que les forces de torsion sont à révolutions égales, en raison inverse des longueurs des cheveux.

Quatrième Expérience.

46. L'on a enfin cherché à déterminer combien le diamètre des cheveux, ou des soies homogènes, influoit sur la force de torsion. Je ne rapporterai pas ici le détail des Expériences que

j'ai pu faire à ce ſujet ; parce que la difficulté de meſurer le diamètre d'un cheveu, ou d'un fil de ſoie très-fin, & de s'aſſurer qu'il eſt homogène dans toute ſa longueur, a fait varier les réſultats; mais l'on a trouvé aſſez généralement, en comparant un grand nombre d'Expériences, que pour des ſoies homogènes & de même longueur, les forces de torſion étoient à révolutions égales en raiſon triplée des diamètres.

L'on a répété ces mêmes Expériences avec des fils de ſoie, dont on s'eſt ſervi de préférence, pour ſuſpendre les Aiguilles de bouſſole; parce que l'on a reconnu qu'à forces égales, ils ſont infiniment plus flexibles que les premiers, & l'on a trouvé les mêmes loix que dans les Expériences qui précèdent.

Comparaiſon du momentum *des Forces magnétiques, avec le* momentum *de la Force de torſion des Soies.*

47. Nous avons vu, dans les Articles VI & ſuivans, que lorſqu'une bouſſole de déclinaiſon eſt éloignée de ſon véritable méridien d'un petit angle C, le *momentum*, de toutes les forces aimantaires, pour la rappeler à ſon méridien, eſt exprimé par la quantité $C\int(\varphi\mu r)$, & que le temps des oſcillations eſt donné par l'équation $\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu(c\mu)^2} = \frac{(180°)^2}{(TT)}$.

Mais nous venons de voir, par les Expériences ſur la torſion, que ſi un corps eſt ſoutenu par une ſoie, dont l'angle de torſion ſoit C′, l'on aura aC' pour le *momentum* de la force de torſion; a étant une quantité conſtante, & qu'ainſi l'on aura également pour le temps d'une oſcillation, $\frac{a}{\int\mu' r'^2} = \frac{(180°)^2}{(T'T')}$.

Ainſi, dans l'un & l'autre cas, le temps des oſcillations étant donné par l'Expérience, ainſi que les quantités $(\int\mu r^2)$ & $(\int\mu' r'^2)$, il ſera toujours facile de déterminer, pour un angle donné C, le rapport entre le *momentum* de la force de torſion a & de la force magnétique $\int(\varphi\mu r)$, & de trouver par

conſéquent combien un angle de torſion donné, peut éloigner une Aiguille de ſon véritable méridien magnétique.

Si nous ſuppoſons (*FIG.* 10), que l'Aiguille SCN ſuſpendue par un fil de ſoie, & équilibrée horizontalement, eſt éloignée de ſon véritable méridien B A de l'angle NCA..C, & que l'angle de torſion de la ſoie qui ſoutient cette Aiguille eſt fCN.....C′; cette Aiguille, arrivée à ſon état de repos, eſt ſollicitée par deux forces; ſavoir la force aimantaire, dont le *momentum* pour l'amener vers A = C$f\varphi\mu r$, & la force de torſion, dont le *momentum* eſt aC′; & comme il y a équilibre, l'on trouve l'équation C$f\varphi\mu r = a$C′, ou C = $\frac{a\text{C}'}{f\varphi\mu r}$; d'où il ſuit que l'erreur de l'Aiguille, exprimée par C, augmentera, comme le produit de la force de torſion, par l'angle de torſion, & diminuera à meſure que la force magnétique augmentera.

Il eſt donc facile de ſuſpendre une Aiguille de manière que la torſion de la ſoie n'influe que très-peu ſur ſa poſition, & ne produiſe que des erreurs inſenſibles. Voici comme on peut s'y prendre : l'on ſuſpendra d'abord au fil de ſoie que l'on veut employer, une Aiguille d'argent ou de cuivre, & l'on fera en ſorte que, lorſque la ſoie ſera arrivée à ſon état naturel, la direction de l'Aiguille de cuivre coïncide avec le méridien magnétique : l'on ſubſtituera enſuite une Aiguille aimantée, du même poids, à l'Aiguille de cuivre, & l'on ſera ſûr que la torſion de la ſoie n'influe que d'une manière inſenſible ſur la direction de l'Aiguille; puiſque l'angle de torſion coïncide à-peu-près avec le méridien magnétique.

48. Mais, pour donner à ces principes toute l'étendue qu'ils paroiſſent mériter, par l'utilité dont ils nous ſeront dans la ſuite, & par les rapports qu'ils peuvent avoir avec les Arts, l'on va prouver qu'en ſuſpendant des Aiguilles aimantées à des fils de ſoie très-fins non tordus, & ſuffiſans pour en ſoutenir le poids ſans ſe rompre, quand même l'on ſuppoſeroit l'angle de torſion

de plus de 100 degrés avec le méridien magnétique ; la force de torſion ſeroit encore ſi peu conſidérable, par rapport à la force aimantaire, qu'elle ne produiroit encore que des erreurs inſenſibles.

Cinquième Expérience.

49. Un fil de ſoie, tel qu'il ſort du cocon, a ſupporté, ſans ſe rompre, un poids de 200 grains. Pour déterminer le *momentum* de ſa force de torſion, l'on a ſuſpendu, horizontalement à ce fil, une petite Aiguille cylindrique de cuivre d'un pouce de longueur, & de ſix grains de peſanteur. Le fil de ſoie, depuis ſon attache juſqu'au point de ſuſpenſion, n'avoit qu'un pouce de longueur; l'on a fait tourner horizontalement le fil de cuivre autour de ſon centre de gravité : abandonné à lui-même, il a fait ſes oſcillations ſenſiblement iſochrones en 40″.

Réſultat de cette Expérience.

Nous avons trouvé, pour un corps que la torſion fait oſciller l'équation $a = \frac{\int \mu' r'^2}{T'^2} (180°)^2$; en nommant P′ la peſanteur de l'Aiguille, & l' la moitié de ſa longueur, l'on aura $\int \mu' r'^2 = \frac{P' l'^2}{3g}$; d'où $a = \frac{(180°)^2}{3g} \cdot \frac{P' l'^2}{T'^2}$.

Nous trouvons, pour le *momentum* de la force magnétique, $\int (\varphi \mu r) = \frac{(180°)^2}{3g} \cdot \frac{P l^2}{TT}$; en comparant ces deux équations, il en réſulte $\frac{\int \varphi \mu r}{a} = \frac{P l^2 T'^2}{P' l'^2 T^2}$.

Ainſi, ſi nous voulons comparer la force aimantaire d'une lame de 4 pouces de longueur, de 3 lignes de large & de 100 grains de peſanteur, avec la force de torſion, qui réſulte de cette Expérience, nous trouverons que cette lame, aimantée à ſaturité, fait 20 oſcillations en 80″; ainſi, nous avons le temps d'une oſcillation, 4″, $\frac{P}{P'} = \frac{100}{6}$, $\frac{l^2}{l'^2} = \frac{4^2}{1}$, $\frac{T'^2}{TT} = \frac{(40)^2}{4^2} = (10)^2$; d'où

EXEMPLE.

l'on trouve $\frac{\int \phi \mu r}{a} = \frac{26670}{1}$: ainſi, un angle de torſion (Art. 47) de 26670′, ou de 444°, ne produiroit, avec ce fil de ſoie, qu'une minute d'erreur, dans la poſition d'une Aiguille de quatre pouces de longueur, peſant 100 grains.

Sixième Expérience.

50. L'on a pris un fil de ſoie de 20 pouces de longueur, & compoſé de 12 brins, tels qu'ils ſortent du cocon ou de la filière du vers à ſoie. Ces 12 fils étoient collés enſemble ſans être tordus, & pouvoient ſupporter, ſans ſe rompre, un poids de 1800 grains. L'on a ſuſpendu à ce fil horizontalement la même Aiguille de cuivre que dans l'Expérience précédente : elle a fait ſes oſcillations ſenſiblement iſochrones dans 29″.

Réſultat de cette Expérience.

La quantité $\int \mu' r'^2 = \frac{P' l'^2}{3g}$, eſt ici la même que dans l'Expérience précédente, puiſque c'eſt le même fil de cuivre que la force de torſion fait oſciller : ainſi, en comparant cette Expérience avec la précédente, nous devons trouver les *momentum* des forces de torſion, en raiſon inverſe du quarré des temps : ainſi, la force de torſion eſt ici $= a \left(\frac{40}{29}\right)^2 = 1 \cdot 90\, a$ ou double, à-peu-près, de la force de torſion calculée dans la première Expérience : ainſi, un angle de torſion, égal à 222°, ne produiroit qu'une minute d'erreur, dans la poſition de l'Aiguille décrite à l'article précédent.

Nous voilà donc ſûrs que la torſion des ſoies ne peut influer que d'une manière inſenſible, ſur la poſition des Aiguilles magnétiques qui y ſeront ſuſpendues. Reſte à déterminer ſi la cohéſion de l'air peut produire des erreurs.

De

De la Réſiſtance de l'Air dans les Mouvemens très-lents.

51. Quelques Auteurs célèbres ont penſé que la partie de la réſiſtance de l'air, qui eſt conſtante & indépendante de la vîteſſe, étoit une quantité aſſez conſidérable pour que l'on ne dût pas la négliger dans les formules du mouvement des corps dans ce fluide. Je vais prouver, je crois, que le *momentum* de cette réſiſtance conſtante, n'eſt qu'une très-petite partie du *momentum* de la force magnétique d'une lame ; qu'elle ne peut produire que des erreurs inſenſibles dans la poſition de la bouſſole, & qu'il n'y a guère de recherches où l'on ne puiſſe la négliger ſans danger. C'eſt ce que d'abord l'on peut, ce me ſemble, conclure de la Remarque qui va ſuivre.

Si l'on ſuſpend horizontalement au fil de ſoie de l'Expérience précédente, une lame de cuivre, elle s'arrêtera toujours, à quelques degrés près, dans la même direction : or comme il n'y a ici que la force de torſion qui agiſſe, & que nous avons trouvé cette force très-petite pour un angle aſſez conſidérable ; il en réſulte que, puiſque cette lame eſt toujours ramenée à-peu-près à la même direction, la partie conſtante de la réſiſtance de l'air ne peut être qu'une quantité inſenſible. Mais voici quelque choſe de plus précis.

Septième Expérience.

52. Un fil de fer N S (*Fig.* 11,) de 9 pouces de longueur, & peſant 24 grains, a été aimanté foiblement. On l'a ſuſpendu, par ſon centre C, avec un fil de ſoie d'un ſeul brin de ſix pouces de longueur, & dont l'angle de torſion étoit nul : ſa force aimantaire lui faiſoit faire 4 oſcillations en 62″. Comme il n'étoit queſtion que de déterminer la partie conſtante de la réſiſtance de l'air, l'on a cherché à diminuer encore la vîteſſe des oſcillations : c'eſt ce qui a été facile en attachant à chaque extrémité de cette Aiguille, un petit poids de 50 grains : l'on a collé

enſuite au fil de fer un rectangle *abcd* de papier, d'un pouce de large, & de huit pouces de longueur.

Dans le premier Eſſai le plan du papier étoit horizontal; dans le ſecond, il étoit vertical: tout le ſyſtême faiſoit 4 oſcillations en 155″; ce qui donnoit un mouvement très-lent dans les petites oſcillations: l'on a déterminé, dans les deux Eſſais, en faiſant oſciller cette Aiguille, de combien l'angle décrit diminuoit à chaque oſcillation, depuis le commencement du mouvement juſqu'à ce que les oſcillations fuſſent inſenſibles.

I. Essai. Le plan du papier étant horizontal, l'Aiguille éloignée de 2.° de ſon véritable méridien magnétique, ...

Eſt arrivée à 1° 45′ en 2 oſcillat.
1 30 .. 2
1 15 .. 2
1 .. 2
45 .. 2
30 .. 4
15 .. 4
0 .. 6 *ou* 8 oſcillat.

II. Essai. Le plan du papier vertical:

De 2° 5′ à 1° 50′ en 2 vib.
1 20 . . . 2
50 . . . 2
20 . . . 4
10 . . . 4
0 . . . 4 *ou* 6 vib.

Réſultat de cette Expérience.

Le fil de fer, dont on s'eſt ſervi dans cette Expérience, oſcille en vertu de la force aimantaire. La torſion de la ſoie eſt nulle; les arcs décrits à chaque oſcillation, décroiſſent par la réſiſtance que l'air oppoſe au mouvement: or nous avons trouvé (Art. IX), que lorſqu'une Aiguille oſcilloit en vertu de la force aimantaire,

ſi elle éprouvoit une réſiſtance dont le *momentum* fût une quantité conſtante A, l'on auroit à chaque vibration, pour la différence des angles décrits $(B-B') = 2A : f(\varphi \mu r)$; ainſi, ſi l'on ſuppoſe que lorſque le fil de fer ne s'éloigne plus en oſcillant que de 30′ de ſon méridien, il éprouve pour lors une réſiſtance conſtante. L'on verra que puiſque, dans le premier Eſſai, l'on diſtingue encore 15 oſcillations juſqu'au point de repos, nous avons 2 minut. de perte à chaque oſcillation: ainſi, $A : f\varphi \mu r = 1'$; quantité qui exprime (Art. 6) l'erreur que peut produire la quantité A.

Si nous comparons actuellement le *momentum* magnétique de cette Aiguille, que nous avons aimantée très-foiblement, avec le *momentum* magnétique d'une lame de 4 pouces de longueur, 3 lignes de large, 100 grains de peſanteur, nous trouverons que la quantité A. pourroit à peine produire, dans la direction de cette Aiguille, une erreur de 5 à 6″, quantité que l'on peut négliger.

Si l'on veut avoir la réſiſtance qu'éprouve le plan du papier lorſqu'il eſt vertical, l'on trouvera, par des raiſonnemens ſemblables à ceux qui précèdent, que, puiſqu'il fait 11 ou 12 oſcillations lorſqu'il a commencé à vibrer à 30′ de ſon méridien, la réſiſtance de l'air eſt encore inſenſible dans ce cas: il paroît même s'enſuivre que, de quelque manière que le plan ſoit placé, par rapport à la direction de ſon mouvement, la réſiſtance conſtante eſt à-peu-près la même, & que la différence que l'on trouve entre le premier & le deuxième Eſſai, eſt dûe à la petite vîteſſe dans ces deux Eſſais.

53. En faiſant oſciller différentes Aiguilles avec des petits plans de papiers, comme dans l'Article précédent, & en étendant le mouvement oſcillatoire juſqu'à 10 ou 12 degrés du méridien magnétique, l'on a eu des obſervations qui, comparées avec les formules du mouvement oſcillatoire, nous ont paru propres à développer la théorie de la réſiſtance de l'air, lorſque

les corps s'y meuvent d'un mouvement très-lent; mais ce travail n'a point de rapport avec ce Mémoire.

Ces Expériences au surplus sont très-délicates, & demandent la plus grande attention. L'Aiguille & le fil, qui la suspend, doivent être renfermés dans une boîte où l'air ne puisse pas pénétrer : l'on fait osciller les Aiguilles, en leur présentant endehors de la boîte le pole d'une autre Aiguille; l'on observe les petites oscillations avec une loupe.

Construction d'une Boussole propre à observer les Variations diurnes.

54. Instruit que la cohésion de l'air, & que la torsion des soies ne pouvoit influer que d'une manière insensible, sur la position des Aiguilles aimantées, j'ai fait exécuter une boussole, sans presque le secours d'aucun Artiste, avec laquelle j'observe, depuis cinq mois, la variation diurne avec une précision, que l'on ne pourra jamais espérer avec des Aiguilles à chappe suspendues sur des pivots.

La (*FIG.* 12. n.° 1,) représente en perspective toutes les parties de la boîte où l'Aiguille est renfermée. La partie A B est une tige creuse, qui s'élève de 20 pouces au-dessus de la boîte H K L M, au milieu de laquelle elle est fixée, par le moyen d'une traverse & de deux petits estteliers qui la soutiennent. A l'extrémité de cette tige, l'on a mis, en C, une plaque de cuivre circulaire, mobile & percée à son centre, pour y recevoir l'extrémité d'un fil de soie qui soutient l'Aiguille. La partie O N Q R est une prolongation de la grande boîte H K L M sur une moindre hauteur. Ces boîtes sont fermées par des chassis garnis de glaces, qui laissent voir tout ce qui se passe dans l'intérieur.

S V P est un support de bois, fixé sur la table où la boîte de Boussole est posée. Ce support porte à son sommet V un petit cylindre creux, où une petite lunette d'un champ très-étendu,

pour que l'obſervateur place toujours ſon œil au même point.

La même (*FIG.* n.° 2,) repréſente une ſection verticale de la boîte, faite ſuivant ſa plus grande longueur, que l'on a ſoin de placer à-peu-près parallélement au méridien magnétique. *a b c d* repréſente la lame d'acier, ou l'Aiguille aimantée ſuſpendue de champ *. Elle a dix pouces de longueur, trois lignes & demie de large, & pèſe 250 grains. A ſon extrémité boréale *b*, eſt ſoudée une petite lame de cuivre *b d e f* très-légère, qui ſe termine par une pointe extraordinairement fine. A l'extrémité auſtrale eſt un petit contre-poids qui embraſſe la lame, & s'y ſoutient par frottement; il ſert à établir l'Aiguille dans une poſition horizontale. Le fil C B eſt une ſoie de 12 brins, pareille à celle que nous avons calculée dans les Expériences qui précèdent: elle a été détordue, ou ramenée à ſa direction naturelle, par une Aiguille de cuivre que l'on y avoit d'abord ſuſpendu; & comme l'attache C eſt fixée à un cercle mobile autour de ſon centre, il a été facile de faire coïncider l'Aiguille de cuivre, lorſque la ſoie a été dans ſon état naturel avec le méridien magnétique, que l'on connoiſſoit à-peu-près.

En K, eſt le limbe d'un cercle qui a 15 pouces de rayon, & dont le centre eſt dans la verticale C G. Ce cercle eſt diviſé de 16 en 16′, ou plutôt de 4 en 4′, par le moyen des diagonales qui traverſent ſon limbe, comme on le voit figuré, n.° 3.

La diſtance de l'extrémité *e f* de l'Aiguille au limbe du cercle, étoit ſi peu conſidérable qu'elle ne pouvoit produire, pour l'Obſervateur, dans une variation d'un ou deux degrés, que des erreurs inſenſibles; mais qu'il eſt facile de calculer, parce que cette diſtance eſt connue, & que l'œil eſt toujours dans la même

* L'on s'eſt ſervi, ſans choix, de la première lame d'acier qui s'eſt préſentée: l'on auroit pu déterminer les dimenſions de cette lame par les équations, Art. 37, & ſuivans; mais la reſiſtance que doit occaſionner le genre de ſuſpenſion que nous employons ici, eſt ſi peu conſidérable, que ce degré de perfection paroît inutile.

poſition. L'on donnera, dans le dernier Chapitre de ce Mémoire, l'Extrait des Obſervations faites avec cette Aiguille.

55. Cette eſpèce de ſuſpenſion n'entraîne, ce me ſemble, aucun des défauts qu'il eſt peut-être impoſſible de corriger dans les Aiguilles à chappe ſoutenues par les pivots : toutes les forces verticales ſe contre-balancent ici néceſſairement ; & leur réſultante paſſe par la direction verticale C G qui eſt invariable : toutes les forces magnétiques, qui ſollicitent la Bouſſole, étant décompoſées ſuivant une ligne horizontale, ſe trouvent, à cauſe du peu d'épaiſſeur de la lame que nous ſuſpendons de champ, dans le même plan vertical, & par conſéquent ce plan ſe dirigera ſuivant le méridien magnétique. Si l'on veut plus de préciſion, il ſera facile de ſuſpendre cette même lame par l'autre côté de ſon champ, en ſorte que la ſurface ſoit toujours verticale. L'on obſervera ſi la ſurface de la lame conſerve la même direction ; & dans le cas où il y auroit de la différence, la moitié de l'angle obſervé donnera, comme nous le verrons dans le Chapitre ſuivant, le véritable méridien magnétique.

56. La facilité de conſtruire des Bouſſoles dans le genre de celle que nous venons de propoſer, & de leur donner, ſans inconvénient de plus grands rayons ; l'exactitude qui en réſultera pour les obſervations des variations de déclinaiſons, doivent, ce me ſemble, les faire préférer pour toutes les obſervations relatives à la Phyſique, à des Aiguilles ſuſpendues ſur des pointes de pivots.

Mais, d'un autre côté, comme il ſera aſſez difficile d'adapter de pareilles Bouſſoles au ſervice de la Marine, non-ſeulement à cauſe du mouvement des vaiſſeaux, mais parce qu'en outre la flexibilité des ſuſpenſions les laiſſe oſciller très-long-temps, pour peu qu'on les éloigne de leur méridien ; ce qui ne peut pas convenir aux opérations des Navigateurs, qui doivent preſque toujours ſe faire avec célérité : nous ſommes obligés, pour l'utilité de la Navigation, de tâcher de découvrir d'où peuvent provenir les inconvéniens des chappes & des

pivots, & quels ſont les moyens de connoître les erreurs qui en réſultent.

ADDITION.

Cette Addition n'a été faite qu'après le Jugement DE L'ACADÉMIE.

QUOIQUE la Bouſſole dont nous venons de parler, donne les Obſervations d'une manière plus exacte que toutes celles que l'on a eu juſqu'à préſent, elle ſera cependant ſuſceptible d'un plus grand degré de perfection, lorſque l'on pourra ſe procurer des Ouvriers plus adroits que ceux que j'avois à ma diſpoſition, dans le temps que je travaillois à mon Mémoire: j'étois alors chargé de quelques réparations aux Fortifications de la Hougue, petit Fort en Baſſe-Normandie, ſur les Côtes de la Preſqu'Iſle du Cotentin, & je n'y trouvai abſolument aucun ſecours.

La Bouſſole, que je vais décrire dans cette Addition, donnera les variations, à quelques ſecondes près.

La Figure première, Planche A, repréſente extérieurement, en perſpective, toutes les parties de la nouvelle Bouſſole; elle eſt formée d'une boîte de deux ou trois pieds de longueur, ſur laquelle s'élève une tige creuſe verticale, deſtinée à renfermer le fil qui ſoutient l'Aiguille: cette boîte eſt poſée ſur deux traverſes de cuivre BB′, *ii*; à l'extrémité de ces traverſes, & ſans toucher à la boîte, s'élèvent verticalement les piliers AB, A′B′, & *i*P, *i*′P′; les deux premiers ſont liés, dans leur partie ſupérieure, par une traverſe N*n*, percée vers le milieu par un trou circulaire, qui enfile, ſans la toucher, la tige creuſe CF: ſur cette même traverſe, & correſpondamment au même trou, l'on fixe un anneau circulaire, tel qu'on le voit repréſenté à la Figure troiſième: cet anneau, qui a ſon centre dans le fil vertical qui ſoutient l'Aiguille, ſert de cercle de rotation à une alidade horizontale *al*; l'alidade porte, à ſon extrémité *l*, une petite lunette microſ-

copique, placée verticalement, pour obſerver les mouvemens de l'extrémité de l'Aiguille aimantée.

La Figure ſeconde, n.° 1, repréſente une ſection de cette même Bouſſole, ſuivant ſa longueur: l'Aiguille *ad*, eſt ſoutenue de champ, par le moyen d'un coulant *b*, attaché par ſa partie ſupérieure au fil de ſoie vertical *cb*: à une des extrémités *a* de la Bouſſole, eſt un ſecond coulant *a*, qui ſert de contre-poids pour établir l'Aiguille dans une poſition horizontale: à l'autre extrémité *d*, l'on ſoude un petit cadre de cuivre, repréſenté au n.° 2, ſur lequel l'on trace un trait très-délié, ſuivant la longueur de l'Aiguille, qui exprime le méridien magnétique.

Au foyer de la lunette *eg*, l'on a placé, en *f*, un petit fil de ſoie, dirigé ſuivant le rayon de l'alidade, ou dont le centre de rotation, dans les mouvemens de l'alidade, eſt le même que celui de l'Aiguille: en *l*, eſt le limbe d'un cercle, que parcourt l'extrémité de l'alidade diviſée ſuivant la méthode de *Nonius*: l'alidade exécute les petits mouvemens de rotation, au moyen d'une vis de rappel, comme on le pratique pour tous les Inſtrumens deſtinés à donner les angles avec préciſion.

Il eſt inutile d'entrer dans un plus grand détail ſur la conſtruction de cette Bouſſole: la boîte ſe place de manière que ſa longueur réponde au méridien magnétique, & les variations de l'Aiguille, ſe meſurent au moyen de l'alidade, en faiſant correſpondre le fil de la lunette, avec le trait qui diviſe le cadre de cuivre, ſoudé à l'extrémité de l'Aiguille: au lieu du trait que nous traçons ſur ce cadre, il ſeroit peut-être plus commode de percer ce cadre, ſuivant ſa longueur, & de ſubſtituer au trait, un fil de ſoie, pour pouvoir vérifier la direction de l'Aiguille, par le renverſement.

Si l'on vouloit ſe ſervir de cette Bouſſole, pour déterminer la déclinaiſon abſolue, il faudroit placer horizontalement ſur l'alidade,

l'alidade, & parallélement à ſon rayon, une lunette ordinaire, avec laquelle l'on obſerveroit un point à l'horizon.

La boîte, ainſi que les traverſes, ſe fixent à quelques corps ſolides, par pluſieurs vis de cuivre, de manière que le tout ſoit inébranlable : les piliers ſont ſéparés de la boîte ; &, entre l'anneau qui ſert de centre de rotation à l'alidade, & la tige verticale, qui renferme le fil à plomb, il y a aſſez de jeu, pour que les mouvemens de l'alidade ne puiſſent occaſionner aucun ébranlement, ni à la tige, ni à la boîte.

CHAPITRE IV.

Principes généraux ſur l'état d'équilibre des Corps; leur application aux Lames magnétiques, poſées ſur des Plans équilibrés horizontalement; ce qui en réſulte pour le Point de ſuſpenſion, & pour tracer ſur les Lames le véritable Méridien magnétique: du Frottement des Pivots, & des Chappes: application de tous ces Principes à la Conſtruction des Bouſſoles marines.

57. Lorsqu'un corps libre, ſollicité par des puiſſances quelconques, eſt ſuppoſé parvenu à ſon état de repos; ſi toutes les forces qui agiſſent ſur ce corps ſont décompoſées ſuivant deux directions, l'une perpendiculaire à un plan quelconque, & l'autre parallèle à ce plan, la ſomme des forces décompoſées, ſuivant la direction perpendiculaire au plan, ſera nulle. Si l'on décompoſe enſuite toutes les forces parallèles au plan en deux autres encore parallèles à ce même plan, mais perpendiculaires l'une à l'autre, la ſomme des forces décompoſées, ſuivant chacune de ces directions, ſera encore nulle.

58. D'un autre côté, lorſqu'un corps libre eſt parvenu à ſon état de repos, ſi l'on ſuppoſe une ligne quelconque qui traverſe ou non le corps, l'on pourra regarder cette ligne comme un axe fixe, autour duquel toutes les forces, qui ſollicitent le corps, agiſſent pour le faire tourner. Or le corps étant en repos, il faut néceſſairement que les *momentum* de toutes les forces ſe faſſent équilibre autour de cet axe: ainſi, ſi l'on fait paſſer, dans le plan ſuppoſé à l'Article précédent, deux lignes perpendiculaires l'une

à l'autre, & qu'à leur point de rencontre l'on élève une perpendiculaire à ce plan, ces trois lignes pourront être regardées comme trois axes fixes de rotation, & il faut, pour que l'équilibre ſubſiſte, que le *momentum*, de toutes les forces autour de ces trois axes, ſoit nul.

Ces trois conditions d'équilibre, réunies avec les trois autres conditions expliquées dans l'Article précédent, forment ſix conditions à remplir, pour qu'un corps ſollicité par des puiſſances quelconques, perſiſte dans ſon état de repos.

Comme ces propoſitions de Statique ſont développées dans tous les Livres de Mécanique, je ne m'y arrêterai pas.

59. Si nous ſuppoſons actuellement que ce corps, ſollicité par des puiſſances quelconques, eſt en outre preſſé ſur un des points de ſa ſurface par la pointe d'un pivot; pour lors ayant fait paſſer un plan qui touche la ſurface du corps dans ſon point de preſſion, & élevant au point de contact une perpendiculaire à ce plan, nous aurons en conſéquence des deux propoſitions précédentes.

1.° Que la ſomme des forces décompoſées, ſuivant deux directions perpendiculaires l'une à l'autre, & parallèles au plan de contact, ſera nulle.

2.° Que la ſomme des forces décompoſées, perpendiculairement à ce plan, ſera égale à la preſſion qu'éprouve le point de contact.

Si l'on avoit égard au frottement occaſionné par la preſſion du point de contact, l'équilibre pourroit ſubſiſter toutes les fois que le frottement donneroit une réſiſtance plus grande que la réſultante de toutes les forces, qui agiſſent parallélement au plan de contact.

Les trois premières conditions d'équilibre remplies, l'on ſatisfera facilement aux trois autres pour le *momentum*, en faiſant paſſer trois axes fixes par le point de contact, & le frottement

ne pourra influer ſur les conditions d'équilibre des *momentum*, de toutes les forces autour de ces trois axes, qu'autant que la pointe du pivot preſſera une ſurface ou pluſieurs points à-la-fois.

60. Appliquons ces propoſitions générales à l'état d'équilibre des Bouſſoles, ſoit (*FIG.* 13,) un plan *a o b e* peſant, équilibré horizontalement par le moyen d'une chappe, dont l'axe eſt vertical, en ſorte que le fond de la chappe, qui porte ſur la pointe d'un pivot, peut être regardée comme un plan horizontal très-petit : ſoit poſé ſur ce plan une Aiguille aimantée, conſidérée comme une ligne, & balancée par le petit contre-poids P, en ſorte que le plan reſte toujours horizontal ; le n.° 1 repréſente le plan, & le n.° 2 ſa ſection, ſuivant le méridien magnétique.

Si nous appliquons ici les principes qui précèdent, nous trouverons que toutes les parties du plan ſont ſollicitées par les forces de la gravité. Nous trouverons en ſecond lieu que l'Aiguille eſt ſollicitée par ſa gravité & par ſa force aimantaire, qui agit ſur chaque point, ſuivant une direction conſtante. Nous trouverons, en décompoſant la force magnétique, ſuivant une direction horizontale, & ſuivant une direction verticale, que la force verticale augmente le poids de la partie boréale, & agit dans un ſens contraire, ou diminue la peſanteur de la partie auſtrale. Nous trouverons en outre, en conſéquence du deuxième principe, que l'augmentation de peſanteur de la partie boréale, eſt exactement égale à la diminution de peſanteur de la partie auſtrale ; & qu'ainſi la preſſion qu'éprouve la pointe du pivot, eſt égale à la peſanteur de tout le ſyſtême.

Nous remarquerons enſuite que l'action du globe terreſtre ſur l'Aiguille, ayant, pour tous les points de cette Aiguille, une direction conſtante ; ſi l'on décompoſe cette action, il en réſulte, pour chaque point, une force horizontale, ſuivant le méridien magnétique, & qu'à cauſe de l'égalité des ſommes des forces, dans les deux ſens oppoſés, l'Aiguille, comme nous l'avons déja expliqué dans le deuxième principe, ſe dirigera ſuivant le méridien magnétique.

61. Il réſulte encore des principes qui précèdent, que dans quelques poſitions, & à quelque diſtance du centre de rotation, que cette Aiguille ſe trouve ſur le plan horizontal, la force qui la ramenera à ſon véritable méridien, lorſqu'elle en ſera éloignée d'un angle quelconque b, aura toujours le même *momentum*.

Pour le démontrer ſoit (*Fig.* 14,) C, le centre de rotation d'une Aiguille SN, poſée comme dans l'Article précédent, ſur un plan équilibré horizontalement; que le centre magnétique de cette Aiguille ſoit ſuppoſé en k; par ce centre ſoit tirée la ligne $a\,k\,b$, qui repréſente le méridien magnétique; & par le point de rotation C, ſoit tirée la ligne AB paralelle à ce méridien; que l'angle N k b, entre la direction de l'Aiguille & ſon méridien, ſoit ſuppoſé b.

Chaque point μ de cette Aiguille, eſt ſollicité en vertu du premier principe par une force μE, parallèle au méridien magnétique. Toutes les forces de la partie KN, étant dirigées vers le Nord; toutes les forces de la partie KS, étant dirigées vers le Sud, ſoit φ la force qui agit ſur le point boréal μ, & φ' la force qui agit ſur le point auſtral μ', de l'autre côté du centre aimantaire; l'on aura (en abaiſſant des points μ, K, μ' des perpendiculaires ſur le méridien AB) pour le *momentum* de la force qui agit ſur le point μ, autour du centre de rotation C, $(\varphi\mu)\cdot(\mathrm{DK}-q\mu)$; &, pour le *momentum* de la force qui agit ſur le point auſtral $\mu'\mu$, $\varphi'\mu'\,(\mathrm{DK}+q'\mu')$: or les forces étant dirigées ſuivant deux directions oppoſées, il en réſulte, pour le *momentum* total, autour du centre de ſuſpenſion C, la formule $(\int\varphi'\mu'-\int\varphi\mu)\,\mathrm{DK}+\int\varphi'\mu'\cdot q'\mu'+\int\varphi\mu\cdot q\mu$; &, comme la ſomme des forces auſtrales, eſt égale à la ſomme des forces boréales, il en réſulte que le premier terme s'évanouit, & que la formule ſe réduit à $\int\varphi\mu\,r\,(\frac{\sin b}{\mathrm{Rayon}})$, intégré pour la totalité de l'Aiguille, r repréſentant ici la diſtance $(\mathrm{K}\mu)$.

Ainſi, une Aiguille aimantée, poſée ſur un plan équilibré

horizontalement, ſe rétablira toujours dans la direction de ſon méridien magnétique ; & lorſqu'elle ſera éloignée de cette direction d'un angle quelconque b, ſon *momentum*, autour du centre de rotation, ſera toujours proportionel à *ſin* b, & indépendant de la diſtance de l'Aiguille, au centre de rotation.

62. Remarque. Si la ſomme des forces auſtrales n'étoit point égale à la ſomme des forces boréales, pour lors l'on auroit la poſition de l'Aiguille, par rapport à ſon méridien, dans l'état d'équilibre, en ſuppoſant la formule précédente, $(\int\varphi'\mu' - \int\varphi\mu)\,Dk + (\int\varphi\mu \cdot k\mu + \int\varphi'\mu' \cdot k\mu')\,\frac{\text{ſin } b}{\text{Rayon}} = 0$; mais, comme nous avons démontré que la ſomme des forces auſtrales, eſt égale à la ſomme des forces boréales, nous ne nous arrêterons pas à diſcuter ces nouveaux réſultats.

63. Nous venons de voir qu'il n'y avoit point de difficulté, pour déterminer le méridien magnétique, lorſque l'Aiguille aimantée pouvoit être regardée comme une ligne ; puiſqu'elle prenoit néceſſairement la direction du méridien magnétique. Mais ſuppoſons actuellement que cette Aiguille ſoit une lame aimantée, qui ait de la largeur ; & voyons quel angle la direction du méridien magnétique formera avec un des côtés de la lame, lorſque le plan, équilibré horizontalement, ſera arrivé à ſon état de repos.

Sur un plan horizontal, ſemblable à celui de l'Article précédent, ſoit poſé une lame aimantée (ABDE) (*Fig.* 15) ; que l'extrémité BE de cette lame aie une force boréale, & l'extrémité AD une force auſtrale : ſi l'on ſuppoſe que la réſultante de toutes les forces boréales eſt repréſentée par $k\varphi$, & la réſultante de toutes les forces auſtrales par gf, les forces de la partie boréale, comme de la partie auſtrale, étant toute dirigée en vertu du premier principe, ſuivant le méridien magnétique, ſeront par conſéquent toutes parallèles entr'elles, & leurs réſultantes ſeront paralèlles au méridien magnétique : ainſi, ſi lorſque la Bouſſole ſera parvenue à ſon état de repos, l'on abaiſſe, du point de rotation C, une per-

pendiculaire sur le méridien magnétique, elle sera en même temps perpendiculaire sur la résultante des forces magnétiques. Or, comme la somme des forces boréales égale la somme des forces australes, il faut que le bras de levier soit le même pour les deux résultantes, qui seront par conséquent en ligne droite.

L'on voit facilement que dans quelqu'endroit du plan, équilibré horizontalement, que la lame soit placée, elle prendra toujours la même direction, pourvu qu'elle soit posée sur la même face.

Si l'on suppose actuellement que, dans la lame ABDE, la ligne $f\varphi$ des résultantes restant immobile, l'on fait tourner toute la lame autour de cette ligne, jusqu'à ce qu'elle soit placée sur son autre face, il est évident que lorsque cette lame aura fait une demi-révolution autour de l'axe $f\varphi$; si la lame étoit en équilibre sur sa première face, quant aux forces situées dans le plan horizontal, elle le sera encore lorsqu'elle aura fait une demi-révolution autour de l'axe $f\varphi$, & qu'elle sera placée sur l'autre face, représentée ici par les lignes ponctuées A′ B′ D′ E′; ou D D′ représente le diamètre ou la projection du demi-cercle, parcouru par le point D, qui se trouve coupé en deux parties égales par la résultante $f\varphi$; & A A′ représente le diamètre du cercle parcouru par le point A.

Si nous prolongeons actuellement les lignes correspondantes A B, A′ B′, ainsi que la résultante φf, l'on verra que ces trois lignes doivent se rencontrer au même point T, & que l'angle A T f, formé entre la direction du côté A B de la lame, & de la résultante $f\varphi$, sera la moitié de l'angle A T A′.

Il nous sera actuellement bien facile de tracer, sur une lame, une ligne qui réponde au méridien magnétique : nous poserons cette lame sur le plan équilibré horizontalement, & nous observerons la direction de son côté A B; nous renverserons cette lame sur son autre face : nous équilibrerons de nouveau le plan horizontalement, & nous observerons la nouvelle direction du côté A′ B′. La moitié de l'angle, formé

par ces deux directions, nous donnera le méridien magnétique: au-lieu d'obſerver la direction d'un des côtés de la lame, l'on peut tracer une ligne ſur le milieu de cette lame, & obſerver ſa direction, ce qui reviendra au même.

64. REMARQUE. Lorſque l'Aiguille SN ſera poſée ſur un plan ABDE (*FIG.* 16,) incliné à l'horizon, ſuſpendu & mobile autour du point de ſuſpenſion *i*, l'on déterminera encore facilement toutes les conditions d'équilibre.

Par le point de ſuſpenſion *i*, faiſons paſſer trois axes : *i* F, axe horizontal dans le plan du méridien magnétique ; *i* O, axe horizontal perpendiculaire au méridien magnétique ; *if*, axe vertical : toutes les forces de la gravité & du magnétiſme, doivent être en équilibre autour de ces trois axes.

Si nous décompoſons toutes les forces magnétiques μR, qui qui agiſſent ſur chaque point μ de l'Aiguille, en une force horizontale μQ, & une force verticale QR, ſituées l'une & l'autre dans le plan du méridien magnétique, nous verrons que toutes les forces verticales n'ont point de *momentum* autour de l'axe *if*, puiſqu'elles lui ſont parallèles. Il ne reſte donc que les forces horizontales: mais à cauſe de l'égalité entre les forces auſtrales & les forces boréales, & du parallélíſme des forces horizontales avec le méridien magnétique, l'Aiguille prendra néceſſairement une direction parallèle au plan de ce méridien.

D'un autre côté, l'axe horizontal *i* F, étant ſuppoſé dans le méridien magnétique, & l'Aiguille S N étant parallèle à ce méridien, les forces horizontales n'auront aucun *momentum* autour de l'axe *i* F, puiſqu'elles lui ſont parallèles ; & les forces verticales magnétiques, auront toutes le même bras de levier autour de cet axe. Delà il réſulte, à cauſe de l'égalité entre les ſommes des forces aimantaires, dans les directions oppoſées, que ces forces, décompoſées verticalement, ſe contre-balancent autour de l'axe *i* F ; ainſi, les forces de la gravité de tout le ſyſtême doivent auſſi ſe contre-balancer ; & ſi l'on fait paſſer,

par

par le centre de gravité p, une verticale $p\,k$, elle rencontrera néceſſairement l'axe $i\,F$ dans un point quelconque k, éloigné du point i de la quantité $k\,i$, que nous allons déterminer.

Il ne reſte pour cela qu'à chercher le *momentum* de toutes ces forces, autour de l'axe horizontal $i\,O$, perpendiculaire au méridien magnétique. Nous venons de voir que l'Aiguille ſe dirigeoit toujours ſuivant le plan du méridien magnétique : ainſi, les forces magnétiques μR de chaque point μ, que nous avons trouvé, par le premier principe, parallèles entr'elles, ſont dans un plan perpendiculaire à l'axe $o\,i$. Ainſi, ſi ce plan rencontre cet axe au point O, & ſi C eſt le centre magnétique de l'Aiguille S N, il ſuit, de l'article 61, que le *momentum*, de toutes les forces magnétiques autour de cet axe $i\,O$, ſera le même que le *momentum*, de toutes ces forces, autour du centre aimantaire C. Ainſi, en nommant H l'angle $N\mu Q$, inclinaiſon de l'Aiguille ſur la ligne horizontale μQ, & I l'angle $Q\mu R$, formé par la direction magnétique μR, avec cette même horizontale; l'on aura, comme dans l'article 61, en nommant encore $\mu R = \varphi$, & $c\mu = r$, l'équation $\int \varphi \mu r \cdot \frac{\sin(H+I)}{\text{rayon}} =$ *momentum* magnétique autour de l'axe $i\,O$.

Si a eſt la diſtance du centre de gravité p, au point de ſuſpenſion i; ſi, de plus, l'on ſuppoſe l'angle $p\,i\,f = G$, le poids total $= P$, l'on aura, pour le *momentum* de tout le poids du ſyſtême, autour de l'axe $i\,o$, la quantité $aP \cdot \frac{\sin G}{\text{rayon}}$; &, à cauſe de l'état d'équilibre, où l'on ſuppoſe le ſyſtême parvenu, l'on aura, en général, $Pa \cdot \sin G = \int(\varphi\mu \cdot c\mu) \cdot \sin(H+I)$.

65. Voici pluſieurs concluſions que l'on peut tirer de cette Remarque. Lorſqu'on a équilibré horizontalement, pour un lieu quelconque, une roſe de Bouſſole, chargée de ſes Aiguilles magnétiques, la force magnétique, ainſi que la direction, venant à changer à meſure que l'on change de latitude & de longitude, il arrivera que le plan de la roſe tournera autour de ſon centre de ſuſpenſion, en s'inclinant à l'horiſon; mais ce plan reſtera

toujours perpendiculaire au plan du méridien magnétique du lieu où l'on ſera arrivé. Il arrivera encore que le centre de gravité de tout le ſyſtême, tournera autour du point de ſuſpenſion i, en s'approchant ou s'éloignant de la perpendiculaire if, ſans jamais ſortir du plan du méridien magnétique ; & que l'angle, parcouru par ce centre de gravité, ſera égal à l'inclinaiſon de la roſe ſur le plan horizontal. C'eſt ce que démontre la *Fig.* 17, où le centre de gravité, étant en P lorſque la roſe eſt horizontale, le point i étant le point de ſuſpenſion, & ie' une perpendiculaire abaiſſée du point de ſuſpenſion ſur le plan de la roſe; lorſque le point P arrivera en P′, la ligne verticale ei arrivera en ie', & la Bouſſole N S en N′ S′, l'angle $NCN' = eie' = PiP'$; ainſi, dans l'équation de l'article précédent, $a\,ſin\,G\cdot P = ſ(\varphi\mu c\mu)\cdot ſin\,(H+I)$: ſi $ſin\,G = A$, lorſque la roſe eſt horizontale, l'on aura $A - G = H$, & par conſéquent $aP\cdot ſin\,(A-H) = ſ\varphi\mu c\mu\cdot(ſin\,H+I)$: ſi la force magnétique & ſa direction étoient données, l'on auroit facilement l'inclinaiſon H de la Bouſſole.

66. Il ne reſte plus, pour compléter cette théorie, que de déterminer les forces coërcitives, qui dépendent ſoit du frottement du pivot, ſur le fond de la chappe, ſoit de l'imperfection de ces chappes : mais l'on s'apperçoit d'avance que le frottement, augmentant néceſſairement avec le poids, & la force magnétique étant, proportion gardée, moindre pour une lame peſante que pour une lame légère, que d'ailleurs le *momentum* d'une lame, pour ſe rétablir ſur ſon méridien magnétique, étant indépendant de ſa poſition dans le plan de la roſe; l'on doit toujours preférer les Bouſſoles formées avec pluſieurs lames légères, dont les lignes, du méridien magnétique, ſont parallèles entr'elles à une ſeule lame épaiſſe & peſante. Mais, pour nous mettre à même de dire quelque choſe de plus précis, voyons ce que l'expérience & la théorie nous donneront ſur le frottement des pivots.

Du Frottement des Pivots.

67. Tous les Auteurs qui ont écrit sur le frottement, toutes les Expériences que l'on a pu faire à ce sujet, se sont réunies à prouver que la surface entroit pour peu dans les frottemens des corps légers, & qu'ils suivoient à-peu-près le rapport des pressions. Nous avons cherché à déterminer si cette même loi subsistoit, lorsqu'on faisoit glisser des surfaces très-dures sur des pointes d'Aiguille.

Expérience.

A B C D (*Fig.* 18, n.° 1 & 2,) est une petite planche, sur laquelle on a planté trois Aiguilles la pointe en-haut. Cette planche est mobile autour de l'axe B D, fixé à une table horizontale. L'on donnoit par ce moyen, à la planche A B, n.° 2, l'inclinaison nécessaire, pour qu'une petite lame *a b*, de verre ou de cuivre, posée sur la pointe de trois Aiguilles, commença à y glisser. Voici les résultats de quelques Expériences.

En se servant d'une lame de verre pesant $\frac{1}{2}$ once, l'on a trouvé que, pour qu'elle commençât à glisser sur les pointes d'acier, il falloit que le sinus d'inclinaison fût le septième du rayon. L'on a chargé successivement cette plaque de 1, 2, 3 & 4 onces, & l'on a toujours trouvé qu'elle commençoit à glisser sous la même inclinaison. La lame de verre, réduite à 100 grains, a sensiblement donné le même résultat.

Pour une lame de cuivre jaune, planée au marteau, & très-bien polie, l'on a eu encore des résultats analogues aux précédens : l'on a trouvé seulement que le frottement étoit plus considérable entre les pointes d'acier & le cuivre, qu'entre l'acier & le verre. La plaque de cuivre ne commence à glisser sur les pointes d'acier, que lorsque le sinus d'inclinaison est au rayon :: 1 : 5 $\frac{1}{2}$.

Il suit de ces deux Expériences, que le frottement de pointes de pivot est à-peu-près proportionnel aux pressions.

68. Si nous ſuppoſons à préſent qu'un corps, A B D E (*Fig.* 19, n.° 1,) porte ſur la ſection horizontale d'une colonne, dont le plan circulaire eſt repréſenté au n.° 2. Si nous ſuppoſons de plus que le centre de gravité de ce corps répond au point C, & que des forces horizontales agiſſent pour le faire tourner autour de ce centre, il eſt évident que ce corps ſera retenu par le frottement de ſon plan AE ſur le cercle CMH; frottement qui dépendra de la preſſion qu'éprouvent tous les points du cercle. Mais la preſſion de tous les points de ce cercle, doit être ici une quantité conſtante; c'eſt ce qui paroît au moins très-probable, en ſuppoſant toute la ſurface de ce cercle couverte d'une infinité de petits reſſorts égaux, qui, à cauſe du centre de gravité placé en C, ſe comprimeront également entre les deux plans de contact. Ainſi, puiſque nous avons trouvé le frottement proportionnel à la preſſion, le *momentum*, dû à la réſiſtance de chaque point du cercle, ſera proportionnel à la diſtance de ce point au centre C.

Que $\frac{\delta}{n}$ exprime le frottement d'un point du cercle, δ étant la preſſion de ce point, le *momentum* total du frottement autour du point C, ſera égal à $\frac{\delta \cdot (CM)^2}{3 \cdot n} \cdot 360°$; &, comme le poids du corps égale la preſſion totale du cercle de contact, l'on aura, en nommant P le poids du corps, $P = \frac{\delta \cdot (CM)^2}{2} \cdot 360°$; ainſi, le *momentum* total du frottement autour du centre C, ſera $\frac{2P}{3n}$ CM, où $\frac{1}{n}$ exprime le rapport de la preſſion au frottement: ainſi, le *momentum* du frottement d'un corps, qui pirouette ſur un cercle, eſt en raiſon compoſée de ſon poids, & du diamètre du cercle de contact.

69. Remarque. Si la verticale, paſſant par le centre de gravité du corps, rencontroit (*Fig.* 20,) le cercle de contact A B D E dans un point P, autre que ſon centre de figure C, l'on trouveroit ainſi les conditions d'équilibre.

1.° La ſomme des preſſions de tous les points du cercle, doit être égale à la peſanteur du corps : 2.° ſi l'on fait paſſer

deux axes BD, AC perpendiculaires l'un à l'autre, par le point P, dans le plan du cercle de contact, l'on verra que, puiſque le point P eſt ſuppoſé dans la verticale qui répond au centre de gravité, les *momentum* de la peſanteur de toutes les parties du corps, ſont en équilibre autour de ces deux axes; & que par conſéquent il faut que les *momentum* de la réaction de la preſſion qu'éprouve tous les points μ, ſoient en équilibre autour des deux mêmes axes. Ainſi, ſi l'on abaiſſe de tous les points μ du cercle, deux perpendiculaires $\mu\varphi$ & $\mu\pi$, à ces deux axes; ſi $\partial\Lambda$ repréſente la preſſion du point μ, & P le poids du corps, les trois équations qui expriment l'état d'équilibre, donneront, 1.° $\int \partial\Lambda \cdot \mu = P$; 2.° $\int \partial\Lambda \cdot \mu\varphi = 0$; $\int \partial\Lambda \cdot \mu\pi = 0$.

Si l'on vouloit actuellement déterminer la réſiſtance que le frottement oppoſeroit à une force horizontale KR (*), ſuppoſons pour un inſtant que le corps ne peut tourner qu'autour d'un axe vertical fixe, paſſant par le point N; du point N ſoit abaiſſé la perpendiculaire NK ſur la direction de la force KR, la réſiſtance que le frottement oppoſera à un mouvement de rotation horizontal, autour de l'axe vertical N, ſera $\int \frac{\varepsilon}{n} \cdot N\mu$, & le *momentum* total, autour de ce même axe, ſera, en nommant k la force RK, $(k \cdot NK - \int \frac{\varepsilon}{n} \cdot N\mu)$; il eſt clair que, dès que cette quantité ſera poſitive, le corps tournera autour de ſon axe N; ainſi, ſi le corps eſt libre, & qu'il n'y ait aucun axe fixe, pour avoir le véritable axe, autour duquel le corps commencera à tourner, il faut, en faiſant varier le point N, déterminer ſa poſition, en ſuppoſant que la quantité $(k \cdot NK - \int \frac{\varepsilon}{n} N\mu)$, eſt un *maximum*; car, par cette opération, l'on verra facilement que, pour ce point N, ainſi trouvé, la quantité $k \cdot NK - \int \frac{\varepsilon}{n} N\mu$, commencera à avoir une valeur poſitive, dans le temps qu'elle ſera encore nulle, ou négative pour tous les autres points; ainſi, dès que la valeur de $\partial\Lambda$

(*) Cette force KR eſt une réſultante, qui n'eſt conſidérée ici que relativement à ſon *momentum*; il faut la ſuppoſer formée de différentes forces égales & oppoſées, qui, abſtraction faite du frottement, feroient tourner le corps horizontalement autour de ſon centre de gravité, qui répond au point P.

ſera ſuppoſé donnée, le reſte ne ſera plus qu'un probléme de Géométrie aſſez ſimple.

Nous ne nous arrêterons pas plus long-temps à cette remarque; parce que, dans les cas dont nous avons beſoin, ou la pointe d'un pivot eſt renfermée dans le fond conique d'une chappe, ou pénètre naturellement en s'enfonçant un peu dans l'intérieur d'un plan horizontal, l'axe du pivot devient néceſſairement l'axe de rotation; d'autant plus que le plan de contact eſt toujours plus petit que toutes les meſures ſenſibles, comme nous le verrons, Art. 81.

70. Si la Nature nous fourniſſoit des corps qui fuſſent parfaitement durs, ou dont les parties fuſſent réunies par une cohéſion infinie, ce ſeroit, ſans contredit, ceux qu'il faudroit choiſir pour fabriquer les chappes & les pivots; puiſque de pareils pivots auroient les diamètres de leur pointe infiniment petits ſans ſe rompre, & ſans pénétrer dans l'intérieur des chappes. Mais tous les moyens que nous pouvons emplover, l'acier le plus ferme, & le mieux trempé, toutes les vitrifications, le diamant même, n'ont qu'un certain degré de cohéſion, qui cède pour une ſurface donnée à un poids donné. Ainſi, lorſqu'une ſurface peſante eſt équilibrée ſur la pointe d'un pivot, il faut que la ſurface de contact ſoit aſſez conſidérable pour que la cohéſion de toutes les parties de cette ſurface puiſſe réſiſter ſans rupture au poids qui la preſſe. Il faut par conſéquent, pour une peſanteur finie, que cette ſurface ſoit finie. Pour mieux faire entendre d'où peut provenir le frottement d'un pivot, ſuppoſons que les corps ſolides ſont formés d'une infinité de petits globules creux, remplis d'une matière fluide élaſtique; que tous ces globules ſont joints entr'eux, ainſi que les parties ſolides qui forment la ſurface de ces globules, par une adhérence dont la cauſe nous eſt inconnue; l'on verra que chacun de ces petits globules ne pourra ſupporter qu'un certain petit poids ſans ſe rompre. Ainſi, dès que la pointe d'un pivot ſera chargée par un plan peſant, il faut, (*Fig.* 21,) que la ſurface du cercle de contact, dont le diamètre eſt *a b*, ſoit aſſez grande pour que

le nombre des globules, qui forment cette ſurface, puiſſe ſupporter un poids donné; d'où il réſulte que lorſqu'on charge la pointe d'un pivot de différens poids, la ſurface de contact ſera proportionnelle au poids.

Si, au-lieu de ſuppoſer les corps formés d'une infinité de petits globules, on les ſuppoſoit formés d'une infinité de petits reſſorts, l'on trouveroit de même que chacun de ces petits reſſorts ne pourroit, ſans ſe rompre, ſupporter qu'un petit poids, & l'on en concluroit encore la ſurface de contact proportionnelle à la preſſion.

Il paroît donc probable que lorſqu'une ſurface très-dure eſt portée ſur la pointe d'un pivot, la ſurface de contact eſt proportionnelle à la preſſion totale : ainſi, cette preſſion eſt comme le quarré du diamètre.

Mais nous avons trouvé, Art. 68, que le *momentum* du frottement d'un plan peſant, ſur une ſurface circulaire, eſt en raiſon compoſée du diamètre & de la preſſion. Ainſi, comme ce diamètre eſt ici comme la racine du poids, nous trouverons le *momentum* du frottement des pivots proportionel à $P^{\frac{3}{2}}$.

71. Si nous voulons avoir une formule du *momentum* des frottemens, fondée ſur des hypothèſes encore plus générales, ſuppoſons que la pointe du pivot en C, ſur laquelle porte la ſurface A B, que nous conſidérons comme inflexible, ſoit un ſolide de révolution, (*FIG.* 22, n.° 1,) ſi la pointe de ce pivot M cm eſt comprimée juſqu'en M m, qui eſt le diamètre du cercle de contact, chaque point φ de la ſurface du pivot arrivera en μ, & la preſſion qu'éprouvera le point μ, ſera comme une fonction de l'ordonnée $\varphi\mu$, diſtante du point φ dans ſa ſituation naturelle à ſa ſituation forcée dans l'état de compreſſion. Le n.° 2 repréſente le cercle de contact, dont le diamètre eſt M m.

Soit n.° 2 l'angle MCM' $= b$, $c\mu = x$, l'on aura, pour la preſſion de la petite ſurface élémentaire, $\mu\mu'\nu\nu'$, *fonct* $(\varphi\mu) \cdot dx b x =$

fonct(CP-$q\varphi$) $bxdx$; mais, comme CM n'eſt qu'une petite portion de la ſurface (*), l'on aura, ſans erreur ſenſible, φq proportionnel à $(Cq)^2$, & CP proportionnel à $(CB)^2=(CM)^2$; ainſi, l'on aura, pour la preſſion élémentaire, *fonct* $\left(n'\left((CM)^2-x^2\right)\right)bxdx$, où n' eſt une quantité conſtante, dépendante de la courbure du point C: ſi, pour ſimplifier, nous ſuppoſons que la preſſion du point μ peut être repréſentée par une puiſſance m, de $(\varphi\mu)$, nous aurons, pour la preſſion élémentaire, $n'^m(cM^2-x^2)^m bxdx$; cette quantité, intégrée de manière qu'elle s'évanouiſſe, lorſque $x=0$, donnera, pour la totalité du cercle, $\frac{n'^m 360^\circ}{2(m+1)}CM^{2(m+1)}$; quantité qui doit être égale à la preſſion totale P.

L'on aura de même, pour le *momentum* de la preſſion élémentaire, $n'^m(CM^2-x^2)^m bx^2dx$; quantité qui s'intégrera, ou exactement, ou par les quadratures, ſuivant la valeur de m; mais, ſans entrer dans le détail de cette intégration, il ſuit, de la marche du calcul intégral, & de la loi d'homogénéité, qui doit être obſervée entre les quantités intégrales & leurs différentielles, que l'on aura toujours le *momentum* de la preſſion du cercle entier, proportionnel à (**) $(CM)^{2(m+1)+1}$, & P proportionnel à $(CM)^{2(m+1)}$; ainſi, le *momentum* du frottement ſera proportionnel à $PP^{\frac{1}{2(m+1)}}$: ſi $m=0$, pour lors la preſſion ſera conſtante pour tous les points μ, & le *momentum* du frottement ſera proportionnel à $P^{\frac{1}{2}}$.

(*) *Voyez* Art. 81.

(**) La remarque que nous faiſons ici ſur l'homogénéité des quantités intégrales, & de leurs différentielles, évite ſouvent beaucoup de calcul dans les Problêmes qui ont rapport à la Phyſique; ainſi, l'intégrale de... $\left(x^m dx(a^\mu+na^{\mu-1}x+n'a^{\mu-2}x^2+x)^q\right)$, priſe lorſque $x=a$, nous donne ... $Ga^{m+1+\mu q}$, où G eſt une quantité conſtante, indépendante de la valeur de a, & où n & n' ſont des coefficiens conſtans de dimenſion nulle.

Si

Si $m = 1$, l'on aura le *momentum* de la preſſion proportionnel à $P^{\frac{1}{2}}$.

Formule générale du frottement des Pivots, & des Chappes flexibles.

72. Enfin cette théorie aura toute l'étendue dont elle paroît ſuſceptible, & elle deviendra applicable dans toutes les parties des Arts. Si nous continuons à ſuppoſer que la pointe du pivot eſt formée par un ſolide de révolution, & que ce pivot porte une chappe, dont la ſurface intérieure eſt auſſi une ſurface de révolution; ſi nous ſuppoſons en outre que le fond de la chappe eſt compreſſible, de même que l'extrémité du pivot, & que le poids dont la chappe eſt chargée, eſt équilibré de manière que l'axe du pivot & l'axe de la chappe ſont dans la ligne verticale, qui paſſe par le centre de gravité du poids.

Dans la *FIG.* 23, M C M repréſente la tête du pivot avant ſa compreſſion. M C′ M′ repréſente la tête de ce même pivot après la compreſſion; $m\,c\,m'$ repréſente le fond de la chappe avant la compreſſion; $m\,c'\,m'$ repréſente le fond de cette même chappe après la compreſſion : il faut que la pointe du pivot, ainſi que le fond de la chappe, ſoient d'une matière très-dure, pour qu'on puiſſe ſimplifier le problême, & ſuppoſer que les parties comprimées C C′ M & $c\,c'\,m$ ſont terminées par de petites lignes courbes, qui peuvent, ſans erreur ſenſible, être priſes pour des arcs de cercle.

Si l'on tire les tangentes C B & C′ B′, $c\,b$ & $c'\,b'$ au ſommet de toutes les ſurfaces courbes, & ſi l'on prend la ligne L q' parallèle à l'axe P c', qui coupe les tangentes aux points Q, Q′, q, q', & les courbes aux points correſpondans D, D′, d, d'.

Il eſt clair que C M, C′ M′, ainſi que $c\,m$ & $c'\,m'$, étant ſuppoſés, à cauſe de la dureté du pivot & de la chappe, de très-petites portions de courbe. C C′ & D D′, $c\,c'$ & $d\,d'$ repréſenteront les compreſſions des points correſpondans C & D, c & d.

Actuellement faiſons P M $= a$, P L $= x$, le rayon de courbure en C, du pivot, avant ſa compreſſion, $= \frac{D}{2}$; le rayon de

courbure en C′, du pivot, après ſa compreſſion, $=\frac{D'}{2}$; le rayon de courbure du fond de la chappe, en C, avant ſa compreſſion, $=\frac{d}{2}$; le rayon de courbure de la même chappe, après ſa compreſſion, $=\frac{d'}{2}$.

L'on voit d'abord qu'après la compreſſion, le fond de la chappe devant toucher l'extrémité du pivot ſur tous les points d'une partie de ſa ſurface, la courbe M′ C′ M eſt exactement la même que la courbe $m' c' m$, & qu'ainſi $D' = d'$.

L'on voit encore que, comme les petites portions de courbes, qui ſe touchent après la compreſſion, peuvent, à cauſe de la dureté du pivot & de la chappe, être priſes pour une naiſſance de courbe, l'on aura, ſans erreur ſenſible (*), $BM = \frac{aa}{D}$, $B'M = \frac{aa}{D'}$, $b'm = \frac{aa}{D'}$, $bm = \frac{aa}{d}$, $QD = \frac{xx}{D}$, $Q'D' = \frac{xx}{D'}$, $q'd' = \frac{xx}{D'}$, $qd = \frac{xx}{d}$; mais la compreſſion du point D eſt .....
$DD' = BM - QD - D'L = (\frac{1}{D} - \frac{1}{D'})\,(aa - xx)$.

La compreſſion du point correſpondant d, du fond de la chappe, eſt $dd' = b'm - q'd' - dL' = (\frac{1}{D'} - \frac{1}{d})\,(aa - xx)$.

Actuellement la preſſion qu'éprouve un point quelconque D′, dépend de l'état de compreſſion, & par conſéquent peut s'exprimer par une fonction de la compreſſion: pour ſimplifier cette hypothèſe, ſuppoſons la preſſion du pivot comme une puiſſance m de la compreſſion, & la preſſion d'un point de la chappe, comme une puiſſance m' de la compreſſion, l'on aura, pour la preſſion du point D′, la quantité ..... $\left((\frac{1}{D} - \frac{1}{D'})\,(aa - xx)\right)^{m}$; &, pour la preſſion du point correſpondant d' de la chappe, l'on aura $g^{m'}\left((\frac{1}{D'} - \frac{1}{d})\,(aa - xx)\right)^{m'}$,

(*) Dans la Figure XXIII, l'on a repréſenté la chappe détachée verticalement au-deſſus de la tête du pivot, de manière que la ligne mm', extrémité du contact, qui doit ſe confondre avec la ligne MM, lorſque la chappe porte ſur la tête du pivot, ſe trouve ici faire une même ligne avec la tangente CB du pivot, avant ſa compreſſion.

où g eſt une quantité, qui dépend du rapport de la flexibilité de la chappe à celle du pivot.

Or, à cauſe que la preſſion eſt commune aux points correſpondans D′ & d', ces deux quantités doivent être égales, & donneront l'équation ..... $\left(\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{D'}\right)(aa-xx)\right)^m = g^{m'}\left(\left(\frac{1}{D'}-\frac{1}{d}\right)(aa-xx)\right)^{m'}$.

Cette première égalité nous apprend une vérité intéreſſante, c'eſt que pour qu'elle ſubſiſte, il faut que $m=m'$, puiſqu'elle doit avoir lieu pour tous les points de contact; ainſi, lorſque la preſſion ne ſera pas exprimée, pour la chappe & pour le pivot, par la même puiſſance m, la chappe ne touchera le pivot que par parties, & le contact ne ſera pas continu.

Mais, dès que l'on ſe ſera ſervi de deux matières homogènes, pour lors $m=m'$, & l'on a tout de ſuite ..... $\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{D'}\right)=g\left(\frac{1}{D'}-\frac{1}{d}\right)$, d'où l'on tire $\frac{1}{D'}=\frac{\left(\frac{1}{D}+\frac{g}{d}\right)}{g+1}$; d'où il ſuit que la courbure, produite par la compreſſion, eſt indépendante de la puiſſance m.

Si nous ſubſtituons cette valeur $\frac{1}{D'}$, dans la formule .... $\left(\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{D'}\right)(aa-xx)\right)^m$, qui exprime la preſſion du point D′, l'on aura $\left(\frac{\left(\frac{g}{D}-\frac{g}{d}\right)}{g+1}(aa-xx)\right)^m$.

Nous voici actuellement à même de déterminer la preſſion totale, & le *momentum* des frottemens, qui eſt la partie intéreſſante de notre recherche.

Comme nous avons ſuppoſé ici que la partie M′C′M comprimée, n'eſt qu'une petite portion de courbe, nous pouvons, ſans erreur ſenſible, ſuppoſer que la ſurface engendrée par la révolution de CDM, autour de l'axe CP, ou, ce qui revient au même, que la ſurface du pivot, eſt égale à la ſurface du cercle, dont MM′ eſt le diamètre; d'après cette ſuppoſition,

nous aurons, pour la preſſion d'une zone, dont $x = CQ$ eſt le rayon, & dx la largeur, la quantité ..... $360^\circ \left(\frac{\left(\frac{g}{D}-\frac{g}{d}\right)}{g+1}(aa-xx)\right)^m x\,dx$; en intégrant, l'on aura, pour la ſurface entière du cercle, dont $PM = a$ eſt le rayon, $360^\circ \left(\frac{\left(\frac{g}{D}-\frac{g}{d}\right)}{g+1}\right)^m \frac{a^{2(m+1)}}{2(m+1)}$; quantité qui doit être égale à la preſſion entière, ou au poids P, dont on ſuppoſe la chappe chargée: pour avoir le *momentum* de la preſſion, il faudra multiplier la preſſion élémentaire par x; ce qui donnera $(360)^\circ \left(\frac{\frac{g}{D}-\frac{g}{d}}{g+1}\right)^m (aa-xx)^m x^2 dx$: cette équation eſt intégrable exactement toutes les fois que m eſt un nombre entier; ainſi, dans le cas de la parfaite élaſticité, où l'on ſuppoſeroit la preſſion proportionnelle à la compreſſion, l'on auroit $m = 1$; ce qui donneroit, pour le *momentum* de la preſſion totale, $\frac{2}{15}(360)^\circ \left(\frac{g}{g+1}\right)\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)a^5$; mais, dans cette ſuppoſition, $P = \frac{1}{4}(360)^\circ \frac{g}{g+1}\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)a^4$, d'où l'on tire le *momentum* de la preſſion $= \frac{2}{15}\frac{(4P)^{\frac{5}{4}}}{\left(360^\circ \frac{g}{g+1}\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)\right)^{\frac{1}{4}}}$; &, ſi $\frac{1}{f}$ exprime le rapport du frottement à la preſſion, il ſuffira de diviſer cette quantité par f, pour avoir le *momentum* du frottement. En ſuivant la marche de l'article précédent, nous trouverons, ſans entrer dans le détail de l'intégration, en nommant $N = 360^\circ \left(\frac{g}{g+1}\right)^m \left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)^m$, que puiſque la preſſion de la zone eſt $N(aa-xx)^m x\,dx$, & le *momentum* élémentaire de la preſſion de cette même zone, eſt $N(aa-xx)^m x^2 dx$, l'on aura, pour l'intégrale de la preſſion, lorſque $x = a$, la quantité $GN a^{2(m+1)}$; &, pour l'intégrale du *momentum*, $G'N a^{2(m+1)+1}$, où G & G′ ſont des fonctions de m, indépendantes de a & N; ainſi, puiſque $GN a^{2(m+1)} = P$, nous aurons $\frac{G'}{G} P a$ pour le *momentum* total de la preſſion, ou

$\frac{G'}{G} P \left(\frac{P}{GN}\right)^{\frac{1}{2(m+1)}}$; ainſi, en ſubſtituant la valeur de N, l'on aura le *momentum* de la preſſion, & par conſéquent le *momentum* du frottement, proportionnel à .....

$$\frac{P^{\frac{(2m+3)}{(2m+2)}}}{\left(\left(\frac{g}{g+1}\right)\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)\right)^{\frac{m}{2(m+1)}}}.$$

Si $m=0$, l'on retrouve cette quantité $=P^{\frac{3}{2}}$, comme dans l'article 70.

Lorſqu'on ſe ſert des mêmes chappes & des mêmes pivots, l'on doit trouver le *momentum* du frottement augmentant avec le poids, & proportionnel à $P^{\frac{2m+3}{2m+2}}$.

Cette quantité diminuera, tout étant d'ailleurs égal, à meſure que $\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)$ augmentera; c'eſt-à-dire, à meſure que l'on augmentera la courbure de l'extrémité du pivot, & qu'on applatira, ou qu'on diminuera la courbure du fond de la chappe; d'où réſulte cette pratique uſitée, lorſque l'on a beſoin de faire tourner de très-groſſes maſſes autour d'un axe vertical, c'eſt de préſenter une ſurface convexe à l'extrémité convexe du pivot, parce qu'alors $\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)$ devient $\left(\frac{1}{D}+\frac{1}{d}\right)$.

Enfin le *momentum* du frottement diminuera à meſure que la quantité g augmentera; c'eſt-à-dire, à meſure que la dureté du fond de la chappe augmentera, celle du pivot étant donnée: ſi, au-lieu de ſuppoſer la preſſion d'un point D, du pivot, $=(DD')^m$, l'on avoit ſuppoſé cette preſſion $=(\mathcal{A}\cdot DD')^m\mathcal{A}$ augmentant avec la dureté du pivot, nous aurions, dans la formule qui exprime le *momentum* du frottement, $\left(\frac{g\mathcal{A}}{\mathcal{A}+g}\right)$, à la place de $g:(g+1)$: or, comme le *momentum* du frottement diminue à meſure que cette quantité

augmente, & que cette quantité augmente à meſure que g & δ ſont plus grands, il s'enſuit que plus la dureté, ou l'inflexibilité du pivot & de la chappe, ſeront grandes, plus le *momentum* du frottement diminuera; il deviendra nul, lorſque g & δ ſeront infinis.

73. Remarque. Lorſque la chappe eſt portée par une Aiguille très-fine, ſi la pointe de cette Aiguille eſt fortement trempée, & qu'elle ſoit beaucoup plus dure que le fond de la chappe, pour lors il pourra arriver qu'elle pénétrera dans l'intérieur de la chappe, dont elle diviſera les parties; la théorie précédente ne peut pas s'appliquer à ce cas.

Dans la Figure XXIV, MCm repréſente la pointe du pivot qui a diviſé les parties de la chappe; ſoit le petit angle mCM$=2$A; ſoit PM$=a$ l'éloignement du point M, de ſa ſituation naturelle, lorſqu'il eſt en P, à ſa ſituation comprimée, lorſqu'il eſt parvenu en m; ſoit P'D$=x$, qui exprime la compreſſion du point D.

La preſſion ſur la partie CM, dépendra des compreſſions PM & pD, des points D & M; ſuppoſons que cette preſſion ſoit comme une puiſſance m de la compreſſion, l'on aura, pour la preſſion DQ, qu'éprouve le point D perpendiculairement à CM, ſa valeur $(g\text{P'D})^m$, ou $(gx)^m$: décompoſons cette force en deux autres, l'une verticale DO, & l'autre horizontale OQ, la ſimilitude des triangles nous donnera la force verticale DO$=(gx)^m \frac{\text{ſin A}}{\text{rayon}}$; ſi la pointe du pivot pouvoit pénétrer dans l'intérieur de la chappe, ſans éprouver de frottement, il faudroit, en conſéquence des principes de Statique, que nous avons rapportés au commencement de ce Chapitre, que la ſomme des forces verticales $(gx)^m \frac{\text{ſin A}}{\text{rayon}}$ fût égale à la peſanteur de la chappe, & du poids dont elle ſeroit chargée.

Mais la preſſion DQ engendre un frottement, & le pivot ne peut pas percer le ſolide de la chappe, ſans vaincre ce

frottement, qui ſera proportionnel à DQ, & empêchera le pivot de gliſſer le long de CM.

Si $(\frac{1}{f})$ exprime le rapport de la preſſion au frottement, $\frac{(gx)^m}{f}$ ſera le frottement qui agit, en D, le long de CM, pour empêcher la pointe du pivot de pénétrer dans la ſolidité de la chappe; décompoſons cette nouvelle force en une force verticale & une force horizontale, nous aurons, pour la force verticale, $\left(\frac{(gx)^m}{f} \cdot \frac{cof\,A}{rayon}\right)$; ainſi, la réaction du frottement & de la preſſion, pour ſoutenir le poids de la chappe, ſera, en D, $(gx)^m\left(\frac{ſin\,A}{rayon}+\frac{cof\,A}{f\,rayon}\right)$: cette réaction, étant multipliée par la petite zone circulaire de la ſurface du pivot, dont pD ou x eſt le rayon, & dx $\frac{rayon}{ſin\,A}$ la largeur, donne, pour la preſſion verticale de cette petite zone, $g^m\,360^\circ\frac{rayon}{ſin\,A}\left(\frac{ſin\,A}{rayon}+\frac{cof\,A}{f\,rayon}\right)x^{m+1}dx$, & cette quantité, intégrée pour toute la ſurface du pivot, donne, en faiſant $x=a$, $g^m(360)^\circ\frac{rayon}{ſin\,A}\left(\frac{ſin\,A}{rayon}+\frac{cof\,A}{f\,rayon}\right)\frac{a^{m+2}}{m+2}=P$.

D'un autre côté, ſi la preſſion du point D, que nous avons trouvé $(gx)^m$, eſt multipliée par $\frac{dx\,rayon}{ſin\,A}$, largeur de la zone, & par ſa circonférence $360^\circ\,x$, l'on aura $\frac{g^m}{f}\,360^\circ\frac{rayon}{ſin\,A}\,x^{m+2}\,dx$ pour le *momentum* du frottement de cette zone; intégrant cette quantité, en ſuppoſant $x=a$, l'on aura encore ..... $\frac{g^m}{f}\,360^\circ\frac{rayon}{ſin\,A}\cdot\frac{a^{m+3}}{m+3}$; &, puiſque nous venons de voir que $P=g^m\,360^\circ\frac{rayon}{ſin\,A}\left(\frac{ſin\,A}{rayon}+\frac{cof\,A}{f\,rayon}\right)\frac{a^{m+2}}{m+2}$, il réſulte, pour le *momentum* total du frottement, ... $\frac{1}{f(m+3)}\left(\frac{ſin\,A}{360^\circ\,g^m\,rayon}\right)^{\frac{1}{m+2}}\left(\frac{(m+2)\,P\,rayon}{ſin\,A+\frac{cof\,A}{f}}\right)^{\frac{m+3}{m+2}}$; lorſque le pivot ſera très-aigu, pour lors l'angle A étant très-petit, l'on aura, pour le *momentum* du frottement, $\frac{1}{m+3}\left(\frac{ſin\,A\,f}{360^\circ g^m\,ray.}\right)^{\frac{1}{m+2}}((m+2)P)^{\frac{m+3}{m+2}}$;

cette quantité diminuant à meſure que *ſin* A diminue, il s'enſuit que les pivots les plus aigus ſeroient les meilleurs ; ce qui ſeroit effectivement vrai, ſi l'on pouvoit leur donner une force ſuffiſante pour ſupporter le poids de la chappe, ſans ſe plier.

Il eſt facile de prévoir tous les inconvéniens qui réſultent, dans la pratique, d'un pivot très-fin, qui perce la partie ſolide de la chappe : car, quoiqu'on ſuppoſe d'abord cette chappe ſoutenue par la preſſion latérale de ſes parties diviſées, le moindre mouvement oſcillatoire aura bientôt uſé, par le frottement, les parties latérales comprimées, & pour lors il faut que la tête du pivot, ou s'arrondiſſe ou ſe plie, pour ſupporter ſeule tout le poids : le cas où la tête du pivot vient à s'arrondir, rentre dans le cas de l'Article qui précède : celui où les extrémités du pivot ſe plie, donne un frottement très-conſidérable, parce que la chappe porte alors, non pas ſur un point, mais ſur une petite ligne, & le frottement augmentera par conſéquent à proportion que la longueur de cette ligne augmentera. S'il y a quelques inégalités dans le fond de la chappe, l'extrémité courbée du pivot y pénétrera, ou obliquement, ou horizontalement, & l'on ne poura plus abſolument compter ſur la direction de la Bouſſole.

Mais, avant d'entrer dans des diſcuſſions relatives à la pratique, ſur la force & ſur la figure des pivots, nous allons rapporter quelques Expériences, que nous comparerons avec la théorie.

Expérience ſur le frottement des pivots.

74. L'on a pris, *Fig.* 25, n.os 1 & 2, une Aiguille de Bouſſole, percée à ſon centre de gravité, d'un trou C, n.° 2 ; l'on a collé (n.° 1,) à 3 ou 4 l. au-deſſus de ce trou, une petite lame de verre très-polie ; cette lame ſe trouvoit ſéparée de l'Aiguille, par le moyen de deux petits poteaux de bois *i* & *l*, collés à la Bouſſole & à la lame. Cette Bouſſole peſoit, tout compris, 150 gr. la lame de verre & les petits morceaux de bois peſoient enſemble

9 grains ;

9 grains; l'Aiguille avoit dix pouces de longueur & faiſoit 10 oſcillations en 60″.

L'on poſoit cette Aiguille horizontalement ſur la pointe d'un pivot d'acier très-dur, (n.° 1,) il falloit tâtonner pour trouver le point d'équilibre; mais, comme le centre de gravité eſt beaucoup plus bas que le point de ſuſpenſion, l'on en venoit facilement à bout: lorſque l'Aiguille ſe trouvoit un peu inclinée, avec du ſable que l'on répandoit ſur l'extrémité la plus légère, on la rétabliſſoit bientôt dans la poſition horizontale.

Cette Aiguille étant exactement fermée dans une boîte; l'on cherchoit, en lui préſentant de loin le pole d'une autre Aiguille, les limites de ſon champ d'indifférence, ou l'angle formé entre toutes les directions *cà*, qu'elle pouvoit prendre, ſans que ſa force aimantaire & directrice la ramena à ſon véritable Méridien: il eſt évident que l'angle d'indifférence *a c b* étoit proportionel au frottement.

1.er Eſſai. La Bouſſole ſuſpendue librement ſur ſon pivot, a donné l'angle *a c b* de 8 ou 10′.

2.me Eſſai. La Bouſſole chargée de deux petites plaques de cuivre, peſant enſemble 300 grains, a donné l'angle *a c b* de 30′.

3.me Eſſai. La Bouſſole chargée de 600 grains, a donné l'angle *a c b* de 60′.

4.me Eſſai. La Bouſſole chargée de 1200 grains, a donné l'angle *a c b* de 3° 15′.

5.me Eſſai. La Bouſſole chargée de 1800 grains, a donné l'angle *a c b* de 5°.

Réſultat de cette Expérience.

Dans tous ces Eſſais, l'Aiguille eſt toujours ſuſpendue horizontalement placée ſur la pointe du même pivot, ſoutenue par un plan très-poli, & que l'on peut regarder, à cauſe de

ſa grande dureté, comme impénétrable à l'acier. Le fond d'une chappe, ſes inégalités & ſes courbures, ne pouvoient point influer ici ſur l'augmentation du frottement : ainſi, les erreurs de la Bouſſole meſurées par le champ d'indifférence, ne pouvoient être occaſionnées que par le frottement horizontal de la plaque de verre ſur la pointe d'un pivot : ſi nous ſuppoſons actuellement, que le *momentum* du frottement ſoit comme une puiſſance n de la peſanteur, ou plutôt de la compreſſion, nous trouverons, en négligeant le premier Eſſai, dont il eſt difficile, à cauſe de la petiteſſe de l'angle $a\,cb$, d'avoir une meſure juſte, & en comparant enſuite le deuxieme Eſſai avec tous les autres, qu'il réſulte du deuxieme & troiſieme Eſſais, $(450)^n : (750)^n :: 30' : 60'$, d'où $n = 1,357$.

Le 2.me & 4.me Eſſai donnent $n = 1,703$.

Le 2.me & le 5.me Eſſai donnent $n = 1,571$.

En prenant une valeur moyenne, l'on trouvera $n = 1,544$, d'où il paroît réſulter, que le *momentum* du frottement eſt à-peu-près proportionnel à $P^{\frac{1}{2}}$, comme la théorie (de l'Article 70) ſembloit nous l'indiquer ; d'où il réſulte par conſéquent, que lorſque la pointe d'un pivot eſt comprimée par un plan impénétrable, tous les points du cercle de contact éprouvent à-peu-près une preſſion égale.

Nous avons fait un très-grand nombre d'Expériences, en ſuſpendant, comme dans les Eſſais qui précèdent, les Aiguilles aimantées par le moyen de plaques de verre, d'agate, de cuivre jaune, & de différentes compoſitions, & nous avons toujours trouvé des réſultats analogues à ceux que nous venons de détailler.

Lorſque les pivots ſervoient depuis long-temps, & que leur pointe étoit uſée, l'on trouvoit aſſez exactement, que le *momentum* des frottemens, étoit proportionnel aux preſſions.

Les meilleures chappes que nous ayons pu nous procurer, nous ont donné les frottemens proportionels à $P^{\frac{1}{2}}$; mais la moindre inclinaiſon dans la poſition de la Bouſſole, & les petites courbures, qui ſe trouvent dans le fond de ces chappes, produit le plus ſouvent, dans le réſultat des Expériences, des inégalités dont aucune hypothèſe ne peut rendre raiſon.

Comparaiſon du momentum *des forces magnétiques, avec le* momentum *du frottement des pivots.*

75. Nous avons juſqu'ici tâché de développer tous les élémens qui produiſent la direction des Aiguilles; nous nous ſommes auſſi attaché à déterminer les forces coërcitives, qui peuvent produire des erreurs dans cette direction. En comparant actuellement les forces coërcitives avec la force magnétique, il ſera facile de nous déterminer ſur le choix des lames que nous devons employer pour former des Bouſſoles, ſuivant les différens uſages auxquels nous pouvons les deſtiner.

On trouve (Art. 6,) que (B—S) ou l'angle d'erreur d'une Aiguille magnétique, pouvoit être repréſenté par $\frac{R}{f(\varphi.\mu.c\mu)}$, & par conſéquent, pour diminuer cette erreur autant qu'il eſt poſſible, il falloit que cette quantité fût un *minimum*.

Mais nous avons trouvé, Art. 37, $f\varphi\cdot\mu\cdot c\mu = \frac{\pi L E l.l^2}{(mL^{\frac{1}{2}}E+nl)^2}$; nous trouvons, par les Articles précédens, que le *momentum* du frottement d'un pivot, doit être proportionnel à une puiſſance de la preſſion, & ſi nous nommons cette puiſſance λ, l'Experience nous a appris qu'elle étoit à-peu-près égale à $\frac{3}{2}$.

Ainſi, ſi nous ſuppoſons, en conſervant les mêmes lettres, qu'une roſe de Bouſſole marine, dont la peſanteur eſt (2 g A) ſoit équilibrée horizontalement ſur la pointe d'un pivot, & dirigée par une lame aimantée d'une épaiſſeur & d'une largeur uniforme dans toute ſa longueur, nous trouverons, en nom-

mant $LEl = M$, que $\frac{R}{f\varphi\mu c\mu} = B\frac{2g(A+M)^{\lambda}}{\pi M l^2}\left(mL^{\frac{1}{2}}E+nl\right)^2$; B étant un coefficient conſtant, en ſubſtituant, à la place de $L^{\frac{1}{2}}E$, ſa valeur $M : L^{\frac{1}{2}}l$, l'on aura, pour le *minimum*, ... $d\left(\frac{(A+M)^{\lambda}}{M}\left(\frac{mM}{L^{\frac{1}{2}}l^2}+n\right)^2\right) = 0$; ce qui donne, en faiſant varier M, $\frac{\lambda dM}{A+M} - \frac{dM}{M} + \frac{\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}}l^2}dM}{\frac{m}{L^{\frac{1}{2}}l^2}M+n} = 0$; équation du ſecond degré, d'où il eſt facile de tirer la valeur de M.

Il eſt inutile de faire varier L & l, parce qu'on voit tout de ſuite, que M reſtant conſtant, il faut augmenter ces quantités à l'infini, ou au moins autant que la nature & la ſolidité de l'acier peuvent le permettre.

Les quantités L & l étant données, l'équation précédente donnera l'épaiſſeur de la lame.

76. L'on déterminera facilement, par le même procédé, la longueur d'une lame dont les autres dimenſions ſeroient données, dans l'équation $\frac{(A+M)^{\lambda}}{M}\left(\frac{mM}{L^{\frac{1}{2}}l^2}+n\right)$; ſubſtituant, à la place de M, ſa valeur δl, ou $\delta = LE$, quantité ici conſtante, par hypothèſe, & nous aurons ..... $d\frac{(A+\delta l)^{\lambda}}{\delta l^3}\left(\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}}+nl\right)^2 = 0$, ou $\frac{\lambda\delta}{A+\delta l} - \frac{3}{l} + \frac{\frac{2n}{m\delta}}{\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}}+nl} = 0$; équation du ſecond degré, d'où l'on tirera la valeur de l.

77. Si l'on ſuppoſe, dans la formule de l'Article précédent, que l'Aiguille n'eſt chargée d'aucun poids, pour lors l'on aura

$A=0$, & l'équation ſe réduit à $(\lambda-3)+\frac{2nl}{\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}}+nl}=0$; d'où $l=\frac{(3-\lambda)}{\lambda-1}\cdot\frac{mEL^{\frac{1}{2}}}{n}$.

Exemple.

Nous avons trouvé, premiere Expérience, Art. 26, qu'une lame de 12 pouces de longueur & peſant (288) grains, faiſoit, lorſqu'elle étoit réduite à 4 pouces de longueur, 20 oſcillations en 80″. Nous avons vu qu'une diminution de 4 pouces dans la longueur de cette lame, produiſoit une diminution de 49″ dans le temps des oſcillations: or, comme $T=(mEL^{\frac{1}{2}}+nl)$, l'on aura, pour une Aiguille de 4 pouces de longueur, $nl=49''$; &, comme $T=80''$, l'on aura encore $mEL^{\frac{1}{2}}=31''$; ſubſtituant ces valeurs dans la formule .... $l=(\frac{3-\lambda}{\lambda-1})\frac{m}{n}EL^{\frac{1}{2}}$, nous trouverons $l=(\frac{3-\lambda}{\lambda-1})\cdot\frac{31''}{49}\cdot 4$ pouc. &, ſi nous ſuppoſons $\lambda=\frac{3}{2}$, comme l'Expérience nous l'a appris, nous aurons $l=\frac{31''}{49}\times 3\cdot 4$ pouc. $=7\cdot\frac{59}{100}$ pouc.

Remarque. De la formule $l=\frac{(3-\lambda)}{\lambda-1}\cdot\frac{m}{n}EL^{\frac{1}{2}}$, l'on en conclut que l diminuera à meſure que $EL^{\frac{1}{2}}$ diminuera; c'eſt-à-dire, que la longueur des Aiguilles doit être diminuée à meſure qu'elles ſeront plus légères; c'eſt ce que la pratique avoit déjà indiqué.

77. Les queſtions dont on pourroit avoir beſoin, dans le genre des deux Articles précédens, ſont trop faciles à réſoudre, pour qu'il paroiſſe néceſſaire de s'y arrêter plus long-tems. Nous allons terminer cette théorie par deux petits problêmes, qui ſeront ſouvent d'uſage dans la compoſition des Bouſſoles formées avec pluſieurs Aiguilles aimantées.

Nous avons vu, dans la théorie du magnétiſme, que les lames les plus légeres, étoient celles qui, proportion gardée, s'aimantoient le plus fortement. Nous avons vu (Art. 61 &

62,) qu'une Aiguille équilibrée sur un plan horizontal, avoit toujours le même *momentum*, pour se rétablir dans la direction de son Méridien magnétique : d'où il est facile de voir qu'une Boussole, formée de plusieurs lames parallèles & séparées, a plus de force pour se diriger suivant son Méridien, qu'une seule lame qui auroit le même poids que toutes les lames réunies : ces considérations nous présente ces deux Problêmes.

78. Problême. La pesanteur de la rose d'une Boussole marine, étant donnée, ainsi que toutes les dimensions des lames magnétiques que l'on veut employer, de combien de lames la Boussole doit-elle être composée, pour qu'elle s'approche le plus qu'il est possible de son Méridien magnétique.

Que $2gA$ soit, comme plus haut, le poids de la rose, & $2gM$, le poids d'une des Aiguilles données, soit k, le nombre des Aiguilles, le *momentum* de la pression, & conséquemment du frottement, sera comme $(A+kM)^{\lambda}$: mais le *momentum* de la force aimantaire exprimé pour chaque lame par $f\varphi\mu r$, donnera, à cause de l'égalité des lames, pour le *momentum* de la force aimantaire, $kf\varphi\mu r$: ainsi, l'angle d'erreur sera $(A+kM)^{\lambda} : kf\varphi\mu r$; quantité qu'il faut différencier, en faisant seulement k variable ; ce qui donne, pour la condition du Problême, $k=\frac{A}{\lambda-1.M}$; &, si $\lambda=\frac{3}{2}$, comme l'Expérience nous l'a appris, $k=\frac{2A}{M}$: ainsi, il faudroit, par exemple, 4 lames de 100 grains, pour une rose qui peseroit 200 grains.

78. Problême. Le nombre k des lames étant donné, ainsi que leur longueur & leur largeur, déterminer l'épaisseur ou le le poids de ces lames.

L'on a encore ici l'équation générale $(A+kM)^{\lambda} : k\cdot f\varphi\mu c\mu$, ou $\frac{(A+kM)^{\lambda}}{kM}\left(\frac{m}{L^{\frac{1}{2}}l^{\frac{1}{2}}}M+n\right)^{2}$; cette équation différenciée, en faisant seulement M variable, donne $\frac{\lambda k}{A+kM}-\frac{1}{M}+\frac{\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}}l^{\frac{1}{2}}}}{\frac{m}{L^{\frac{1}{2}}l^{\frac{1}{2}}}M+n}=0$;

équation du ſecond degré, d'où il réſulte, en faiſant $\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}}l^2} = m'$:

La formule réduite, ...

$$M = -\left(\frac{(\lambda-1)nk+m'A}{2(\lambda+1)m'k}\right)+\left(\left(\frac{(\lambda-1)nk+m'A}{2(\lambda+1)m'k}\right)^2+\frac{nA}{(\lambda-1)m'k}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Nous croyons avoir raſſemblé, dans ce Chapitre, la plus grande partie des principes qui peuvent nous diriger dans la conſtruction des Bouſſoles propres au ſervice de la Marine. Nous allons le terminer par quelques Remarques relatives, ſoit à la théorie, ſoit à la pratique, qui n'ont pu trouver encore leur place.

78. 1.re Remarque. Si l'on coupe en deux parties, au point B, une lame N S (*Fig.* 26, n° 1,) aimantée à ſaturité, dont N eſt l'extrémité boréale, & S l'extrémité auſtrale, & dont le centre aimantaire eſt placé à-peu-près au milieu de la lame; après la ſéparation, l'extrémité B de la partie NB ſera le pole auſtral, & l'extrémité N conſervera ſa force boréale : l'extrémité B de la partie SB aura une force boréale, l'extrémité S conſervera ſa force auſtrale; chacune de ces parties prendra un centre aimantaire en C & C′.

Si, au lieu d'être diviſée en deux parties, cette même lame eſt ſeulement percée d'un trou B (*Fig.* 26, n° 2,) pour lors les deux extrémités ſont en parties ſéparées, & cette lame doit avoir deux centres aimantaires, comme la précédente.

Cette multiplication de poles, a fait croire qu'une lame ainſi percée, devoit perdre en partie ſa force directrice, & qu'elle étoit peu propre à indiquer les déclinaiſons. Voici ce que l'Expérience donne à ce ſujet.

Lorſqu'une lame a été percée à ſon centre, d'un trou dont le diamètre n'excédoit pas la moitié de la largeur de la lame, elle a eu ſenſiblement la même force de direction qu'avant d'être percée; c'eſt ce dont il eſt facile de ſe convaincre, en faiſant oſciller cette lame aimantée à ſaturité, & ſuſpendue

horizontalement. L'on trouvera que, dans les deux cas ; elle donne ſenſiblement le même nombre d'oſcillations pour le même tems.

Lorſque le trou de la lame eſt preſque égal à ſa largeur, on trouve pour lors que le *momentmm* magnétique de cette lame, eſt égal à la ſomme des *momentum* magnétiques de deux autres lames qui n'auroient que la moitié de la longueur de la premiere: c'eſt ce qui eſt auſſi conforme à la théorie que nous avons expliqué (Art. 61 & 62 ;) ainſi, lorſque la lame eſt très-légère, comme pour lors ſon *momentum* magnétique eſt à-peu-près égal à une quantité conſtante, multipliée par ſa longueur ; que la lame, dans ce cas, ſoit percée, ou qu'elle ne le ſoit pas, l'on aura toujours à-peu-près le même *momentum*.

79. 2.me Remarque. Après tout ce que nous avons dit ſur la communication du magnétiſme, nous n'avons pas cru qu'il fût néceſſaire de faire des recherches ſur les différentes formes, ſoit rectilignes, ſoit courbes, que l'on peut donner aux lames aimantées, il eſt facile de prévoir tout ce qu'on peut eſpérer de ces variations.

Les Aiguilles en flèches, de la forme tracée à la Fig. 25, donnent, à peſanteur & épaiſſeur égales, le même rapport entre le *momentum* magnétique & le *momentum* du frottement, & produiſent par conſéquent à-peu-près les mêmes erreurs que les lames d'une largeur uniforme ; l'on obſerve cependant, que les lames légères, d'une largeur uniforme, ont de l'avantage ſur les lames taillées en flèche, & que lorſque les lames ſont peſantes, celles-ci ont de l'avantage ſur les premieres: la théorie fait prévoir ce réſultat, l'expérience le confirme.

Les Aiguilles, telle que la Fig. 25, dont on eſt aſſez dans l'uſage de ſe ſervir pour les obſervations que l'ont fait ſur terre, ſont le plus ſouvent plus épaiſſes vers leurs extrémités, que dans les autres parties: cette pratique paroît déſavantageuſe;

l'on

l'on concevra facilement qu'il vaut mieux, en conſervant le même poids, élargir l'extrémité, & en diminuer l'épaiſſeur, pour que les parties exercent, les unes ſur les autres, leur action magnétique à une plus grande diſtance, & conſervent par conſéquent un plus grand degré de magnétiſme.

80. 3.me Remarque. Nous avons dit plus haut, qu'il y avoit toujours de l'avantage à compoſer les Bouſſoles de pluſieurs lames légères: la théorie du magnétiſme ne laiſſe aucun doute ſur cet article. Plus on multipliera les lames, en les rendant légères à proportion, plus la force de direction de la Bouſſole aura d'avantage ſur le frottement. Dans la conſtruction des compas de navigation, où l'on ne peut guères donner plus de ſix pouces de longueur aux Aiguilles magnétiques, des lames de 50 à 60 grains rempliſſent aſſez bien tous les uſages auxquels ces Bouſſoles ſont deſtinées: l'on détermine le nombre des lames par la formule (Art. 78.) Ces lames calibrées exactement ſuivant les mêmes dimenſions, ſe poſent de champ, à égales diſtances du point de ſuſpenſion, eſpacées à quatre ou cinq lignes de diſtance l'une de l'autre, pour que leur action réciproque ne détruiſe pas le magnétiſme (*). Elles doivent être bien droites & fixées invariablement à la roſe qu'elles dirigent: la roſe & la chappe ſeront auſſi légères qu'il ſera poſſible. Les chappes bien centrées & tournées avec ſoin, doivent former dans leur concavité un cone plutôt obtus qu'aigu: la plupart des chappes, quoiqu'elles paroiſſent à l'œil aſſez bien centrées & exactement polies, ont, dans leur concavité,

(*) Lorſque pluſieurs lames ſont fixées au plan de la roſe, leur action réciproque ne peut point influer ſur la poſition du plan de cette roſe, à cauſe de l'égalité de l'action & de la réaction; cependant cette action réciproque, pouvant diminuer plus ou moins le magnétiſme des parties de chaque lame, il peut ſe faire un changement de poſition dans la réſultante des forces magnétiques de chaque lame; mais il ſera toujours facile de trouver la réſultante commune de toutes les Aiguilles fixées à la roſe, en renverſant cette roſe, & pratiquant les mêmes opérations que nous avons indiquées (art. 63,) pour une ſeule lame.

des inégalités & des petits enfoncemens qui s'engrainent avec la pointe du pivot; de ſorte qu'il y a des poſitions où le centre de gravité de la charge ſe trouve plus bas que dans les autres : arrivée à cette ſituation, la chappe ne peut pas tourner horizontalement, ſon axe reſtant vertical, ſans que ces inégalités venant à ſe dégager, le centre de gravité de cette chappe & de la maſſe qui y eſt fixée, ne ſe ſoulève.

Ainſi, une Bouſſole portée par une pareille chappe & équilibrée horizontalement ſur la pointe d'un pivot, ſe trouve en même-tems ſollicitée par la force aimantaire, & par ſa peſanteur, qui engrainant les inégalités du fond de la chappe avec celles de la pointe du pivot, tend à lui faire prendre la poſition où le centre de gravité eſt le plus bas: la patience & l'habileté de l'Artiſte, peut ſeule nous fournir des chappes exactes; mais l'Obſervateur peut auſſi, par différens eſſais, en reconnoître les défauts. Voici un moyen qui m'a aſſez bien réuſſi.

L'on ſuſpend de champ avec des ſoies une lame aimantée, comme nous l'avons indiqué plus haut; par-là, on détermine facilement le Méridien magnétique. On trace également ce Méridien ſur la largeur de la lame, en la ſuſpendant de maniere que ſa largeur ſoit dans un plan horizontal, & en la renverſant enſuite ſur l'autre face, comme nous l'avons expliqué, (Art. 63.)

Nous prenons actuellement (*Fig.* 27,) une petite régle de bois A B fort légère, garnie en C de la chappe que nous voulons éprouver. Nous poſons à un point quelconque *g*, une lame S N aimantée à ſaturité, dont nous connoiſſons le Méridien magnétique : nous équilibrons le tout bien horizontalement, par le moyen d'un contrepoids P, qui peut gliſſer le long de C B, & avec un peu de ſable que l'on répand légèrement ſur les parties qui paroiſſent ſe ſoulever.

Si la chappe eſt parfaitement centrée, ſi ſon axe ſe trouve vertical, le petit plan de contact du pivot & du fond de la

chappe, ſera un petit cercle horizontal, & la direction de l'Aiguille ſera uniquement déterminée par la force aimantaire : l'on fera diſparoître l'erreur que peut occaſionner le frottement, en frappant légèrement & rapidement ſur la table où eſt fixé le pivot ; ce qui produit, dans les parties élaſtiques de cette table, un mouvement d'oſcillation rapide, qui fait monter & deſcendre le pivot. Pendant le tems que le pivot deſcend, l'on conçoit qu'il ſe détache en partie du fond de la chappe, & que pendant ce tems, la preſſion & conſéquemment le frottement eſt peu conſidérable. Il ſuit actuellement de tout ce que nous avons dit plus haut, que dans quelque poſition que l'Aiguille magnétique ſoit placée par rapport à ſon centre de rotation, elle doit prendre la direction de ſon Méridien magnétique : or, comme cette direction nous eſt connue, l'angle qu'elle formera avec cette direction, ſera l'erreur dûe aux défauts de la chappe & du pivot.

En poſant ſucceſſivement cette lame, de maniere que ſon Méridien magnétique S N, faſſent différens angles avec la ligne ponctuée A B de la balance ; l'on reconnoîtra toutes les imperfections de la chappe, dont les différens points vicieux ſe trouveront à chaque Eſſai, poſés différemment par rapport à la direction magnétique, & donneront des erreurs différentes.

L'on peut ſe ſervir de pluſieurs autres moyens. Si, par exemple, l'on ſuſpend, avec cette chappe, une Aiguille percée à ſon centre, & que, par le point de ſuſpenſion, l'on faſſe paſſer le Méridien magnétique ; cette Aiguille doit non-ſeulement ſe placer ſur ſon Méridien magnétique ; mais lorſqu'elle ſera miſe en oſcillation, elle doit faire des excurſions égales à droite & à gauche de ce Méridien, ou au moins qui diminueront également à chaque excurſion.

Si l'on n'a pas le ſecours d'un bon Artiſte, & que l'on puiſſe ſe procurer un poinçon obtus, bien poli & un peu arrondi à ſa pointe, l'on formera une aſſez bonne chappe, en enfonçant ce poinçon perpendiculairement d'un quart de ligne, à petit coup

de marteau, dans le centre d'une petite plaque de cuivre.

Les pivots doivent être plus ou moins aigus, ſuivant les charges qu'ils ſont deſtinés à ſoutenir : dans les Bouſſoles, pour le ſervice des vaiſſeaux, les pivots fatiguent beaucoup, non-ſeulement à cauſe du poids de la roſe de carton dont les Aiguilles ſont chargées, mais encore à cauſe du mouvement continuel où ſont les Bouſſoles. L'on eſt dans l'uſage & avec raiſon, de faire ces pivots plus renforcés, moins aigus que ceux qui doivent ſoutenir des Aiguilles deſtinées à faire des opérations dans un lieu fixe.

La dureté des chappes & des pivots eſt la condition la plus eſſentielle pour la perfection de ces inſtrumens; jamais le pivot ne doit être aſſez aigu pour pénétrer dans le ſolide de la chappe, ni pour pouvoir plier ſous ſon poids.

81. 4.me Remarque. Le point de ſuſpenſion ou le contact de l'extrémité du pivot & du fond de la chappe, eſt une petite ſurface circulaire, comme nous l'avons vu (Art. 70 :) il paroît intéreſſant pour la matiere que nous traitons, & pour les Arts en général, de chercher à déterminer le diamètre de ce cercle. Voici, d'après la théorie & les expériences qui précèdent, comme on pourra en venir à bout.

Nous avons vu (Art. 74,) qu'il réſultoit de l'Expérience; que le petit cercle de contact, formé par la compreſſion de l'extrémité du pivot, étoit également preſſé dans tous ſes points : nous avons trouvé (Art. 68,) que le *momentum* du frottement ſur le petit cercle de contact, étoit exprimé par la quantité $\frac{2P}{3n} \cdot CM$, où CM eſt le rayon du cercle de contact, & $\frac{P}{n}$ le frottement du poids P, qui gliſſeroit le long d'une ſurface; quantité que nous trouvons pour le verre & l'acier, égale à $(\frac{P}{7})$ (Art. 67).

Nous avons vu, Article 6, que l'angle d'erreur d'une

Aiguille aimantée étoit $(B-S)=\frac{R}{\int\varphi\mu c\mu}$, & nous avons trouvé (Art. 12), que $\int\varphi\mu c\mu=\frac{g.\int\mu r^2}{\lambda}$, où λ eſt la longueur d'un pendule qui battroit des oſcillations iſochrones à celles de l'Aiguille: ainſi, l'on a $(B-S)=\frac{2\lambda P}{3gn\int\mu r^2}CM$; & $B-S$ étant donné par l'Expérience, de même que λ, l'on trouvera facilement, pour une Aiguille donnée, la valeur de CM.

Exemple.

Nous avons trouvé (*Art.* 74, *Expérience, premier Eſſai,*) qu'une Aiguille en flèche, de 10 pouces de longueur & de 150 grains de peſanteur, a fait 10 oſcillations en 60″, & que ſon angle d'erreur dû au frottement, étoit de 5′: or nous avons pour une Aiguille de cette forme, $\int\mu r^2=\frac{P.l^2}{6g}$, où l égale ici 5 pouces: ainſi, $CM=\frac{(B-S)nl^2}{4\lambda}$; &, ſubſtituant les valeurs numériques, $n=7$, $\lambda=1321$ pouces, $(B-S)=5'$, $l=5$ pouc. l'on aura le diamètre du cercle de contact, $2CM=\frac{1}{862}$ de ligne.

L'on peut conclure, ce me ſemble, de la petiteſſe du diamètre du cercle de contact, trouvé dans cet exemple, que le plan de contact peut être regardé comme un point fixe.

Bouſſoles d'Inclinaiſon.

82. 5.me Remarque. Les Aiguilles d'inclinaiſon ont toujours préſenté de très-grandes difficultés dans leur exécution, ſoit parce qu'il eſt difficile de faire tomber le centre de gravité dans l'axe des tourillons, ſoit parce que la courbure de ces Aiguilles, changeant ſuivant leur inclinaiſon, rend la poſition de ce centre de gravité variable, par rapport à l'axe de ſuſpenſion: l'on ne peut rien ajouter aux ſavantes recherches que M. Daniel Bernoulli a donné à ce ſujet: mais lorſqu'on ne pourra pas diſpoſer d'un Artiſte auſſi habile & auſſi exact, que ceux qui paroiſſent néceſſaires; pour remplir les vues de cet Auteur, voici comme il m'a paru que l'on pourroit y ſuppléer.

L'Aiguille SN (*Fig.* 28,) eſt équilibrée ſur ſes tourillons C, qui portent ſur deux lames de verre; un fil de cuivre π peſant un ou deux grains, mais dont le poids eſt exactement déterminé, peut gliſſer le long de la partie auſtrale, depuis C juſqu'en S, ſon *momentum* ſe meſure par la diſtance ($C\pi$).

Avant d'aimanter cette lame, elle ſera équilibrée bien exactement ſur ces tourillons, dans une poſition horizontale, le petit poids π répondant pour lors en C à l'axe des tourillons, ou n'ayant aucun *momentum*; l'on aimantera enſuite la lame à ſaturité: ſi elle eſt d'un acier bien pur, le centre aimantaire tombera à-peu-près en C, les forces μQ qui agiront ſur chaque point μ de la partie boréale CN, ſeront parallèles entre elles & à la direction magnétique: les forces $\mu' Q'$ qui agiront ſur la partie auſtrale, auront la même direction dans un ſens oppoſé; il faudra donc, pour retenir l'Aiguille dans la poſition horizontale, porter le petit poids π à la diſtance $C\pi$ du point C.

Si l'on décompoſe actuellement toutes les forces magnétiques μQ en deux autres forces, l'une horizontale RQ, & l'autre verticale $R\mu$, & que l'on nomme φ la force ſuivant μQ, & B l'angle μQR, inclinaiſon de la direction magnétique avec l'horizon, l'on aura, pour le *momentum* magnétique de toutes les forces verticales, $\int \varphi \mu c \mu \frac{\sin B}{\text{rayon}}$, qui doit être égal à $\pi \cdot \pi C$.

Si l'on ſuſpend enſuite cette Aiguille horizontalement, par le moyen d'une ſoie, comme nous l'avons fait plus haut, & qu'on la faſſe oſciller, le tems des oſcillations nous donnera, conformément à l'Article 13, un poids Q, qui, multiplié par la moitié de la longueur de l'Aiguille, auroit un *momentum* égal à toutes les forces magnétiques RQ, qui agiſſent ſuivant une direction horizontale; d'où l'on tirera $Q \cdot CN = \int \varphi \mu c \mu \frac{\cos B}{\text{rayon}}$. Diviſons actuellement le *momentum* des forces verticales, par le *momentum* des forces horizontales, & nous aurons l'équation $\frac{\pi \cdot \pi C}{Q \cdot CN} = \frac{\sin B}{\int \cos B} = tang\, B$; ce qui donnera l'angle B que l'on cherche.

En ſubſtituant la valeur de B, ainſi déterminée dans l'équation $\frac{QCN}{\cos B} = \int \varphi \mu c \mu$, l'on tirera le *momentum* des forces magnétiques, ſi intéreſſant à connoître dans les différens points de la Terre.

Nous remarquerons que, pour que cette méthode ſoit praticable, il faut avoir ſoin de rapprocher beaucoup l'axe des tourillons, du centre de gravité de la lame, parce que pour lors la moindre variation dans la poſition du poids π, donnera un angle d'inclinaiſon ſenſible.

CHAPITRE V.

Des Variations diurnes régulières de la Déclinaiſon des Aiguilles.

83. JUSQU'ICI nous avons toujours fait précéder la théorie par les Expériences, & nous ne nous ſommes abſolument livré à aucune hypothèſe ſur la nature du fluide magnétique : mais comme il eſt queſtion, dans ce Chapitre, de fixer une cauſe, & qu'il nous manque des obſervations faites pendant une ſuite d'années, & ſur l'exactitude deſquelles nous puiſſions compter, nous ne pourrons pas ſuivre une route auſſi ſûre.

Le ſyſtême général des Phyſiciens, a été pendant long-tems, que la cauſe du magnétiſme étoit dûe à un tourbillon de matiere fluide, qui faiſoit ſa révolution autour des aimans, ſoit artificiels, ſoit naturels, en entrant par un Pole, & en ſortant par l'autre. Ce fluide agiſſoit, diſoit-on, ſur le fer, à cauſe de la configuration de ſes pores, mais il n'exerçoitpoint d'action ſur aucune autre eſpèce de corps : à meſure, dans cette hypothèſe, qu'il ſe rencontroit des difficultés pour expliquer de nouveaux phénomènes magnétiques, ou les variations de la déclinaiſon des Aiguilles, l'on faiſoit quelques nouvelles ſuppoſitions, ſoit en imaginant pluſieurs tourbillons ou pluſieurs Poles magnétiques, ſoit en imaginant un aimant au centre de la terre, auquel on donnoit un mouvement particulier.

C'eſt ſur ces principes, que ſont établis les trois Mémoires ſur la cauſe du Magnétiſme, qui furent couronnés en 1746.

Cependant

Cependant la difficulté d'expliquer tous les phénomènes magnétiques avec des tourbillons, a fait ſoupçonner, depuis quelques années, à pluſieurs Phyſiciens, que la cauſe du magnétiſme pouvoit provenir de l'attraction.

Je crois avoir prouvé, dans le commencement de ce Mémoire, que les cauſes de la direction de l'Aiguille magnétique, ne pouvoient point être expliquées par l'impulſion. J'ajouterai ici, que lorſqu'on aimante une barre d'acier avec un aimant artificiel, il ne paroît pas que la barre, qui ſert à aimanter, ait perdu de ſon magnétiſme après l'opération : cependant, dans l'hypothèſe de l'impulſion, le tourbillon de la barre qui aimante, a produit un mouvement dans toute la maſſe du fluide magnétique de la barre aimantée ; ce mouvement n'a pu être produit ſans une impulſion, qui, par ſa réaction, a dû détruire une partie du mouvement, ou changer la direction du fluide magnétique de la barre dont on s'eſt ſervi pour aimanter ; & conſéquemment, ſi le magnétiſme étoit dû à l'impulſion, un aimant devroit perdre ſa force en aimantant, ce qui eſt contraire à l'Expérience.

84. Parmi les différens Auteurs, qui ont eu recours à l'attraction pour expliquer les phénomènes magnétiques, la plupart, comme MM. Brugman & Wilke, ſe ſont ſervis de deux fluides élaſtiques ; ils ont ſuppoſé que, lorſqu'une lame d'acier étoit dans ſon état naturel, ces deux fluides étoient réunis, & répandus uniformément dans toute la lame ; mais que, lorſqu'elle étoit aimantée, les deux fluides étoient diviſés : d'après ces Auteurs, les deux fluides exercent l'un ſur l'autre une action attractive ; mais ils exercent ſur leurs propres parties une force

répulsive ; comme l'air & tous les fluides élastiques : ils ont nommé un de ces fluides, positif, & l'autre, négatif.

M. Œpinus a adapté au magnétisme, le système de M. Franklin sur l'électricité : il pense que, pour cause du magnétisme, il n'y a qu'un seul fluide élastique, qui agit sur ses propres parties par une force répulsive, & sur les parties de l'acier, par une force attractive. Ce fluide, une fois engagé dans les pores de l'acier, ne s'en dégage qu'avec difficulté. Ce système conduit à une conclusion singulière ; c'est qu'il résulte des phénomènes magnétiques, que les parties solides de l'acier exercent les unes sur les autres une force répulsive. M. Œpinus appelle *Pole positif*, la partie de la lame d'acier où le fluide abonde, & *Pole négatif*, la partie qui a été vidée, ou qui ne conserve pas sa portion naturelle de fluide magnétique.

Ces deux hypothèses expliquent également bien, & de la même maniere, tous les phénomènes magnétiques : il reste cependant quelques difficultés à résoudre ; en voici une des principales. Je suppose qu'une lame d'acier soit aimantée à saturité ; si nous prenons l'hypothèse des deux fluides magnétiques, ces deux fluides seront séparés, le fluide boréal sera porté dans la partie boréale ; le fluide austral sera porté dans la partie australe de la lame ; le centre aimantaire, si la lame est homogène, se trouvera à-peu-près au milieu ; que l'on coupe cette lame en deux parties égales, si les deux fluides sont séparés, chaque partie de la lame n'aura qu'une espèce de fluide, & par conséquent ne sera pas susceptible du même degré de magnétisme, qu'une lame de la même grandeur, qui seroit dans son état naturel : cependant l'Expérience prouve le contraire. Cette même difficulté a lieu contre le système de M. Œpinus. Com-

ment ; par exemple, la partie de la lame, vide de fluide magnétique, peut-elle être ſuſceptible du même degré de magnétiſme, qu'une pareille lame dans ſon état naturel ?

Il ſemble, d'après cette Expérience, qu'il faille admettre, que la quantité de fluide, tranſportée, par le magnétiſme, d'une extrémité d'une lame d'acier à l'autre, eſt beaucoup moins conſidérable que la quantité totale de fluide que chaque partie de cette lame contient : peut-être, au ſurplus, la plus grande partie du fluide élaſtique magnétique, ſe trouve-t-il dans les lames dans un état de fixité, & ſans aucune eſpèce d'action ; comme l'Expérience nous a appris, que l'air fixe étoit répandu dans tous les corps en beaucoup plus grande quantité, que l'air élaſtique que ces corps peuvent contenir ? Il paroît, en effet, probable qu'il exiſte, dans tous les corps & dans leurs athmoſphères, des parties qui exercent des forces attractives, & d'autres qui exercent des forces répulſives, dont différentes combinaiſons avec d'autres corps, changent & développent l'action : l'évaporation des fluides, l'élaſticité & la cohéſion des ſolides, l'électricité, enfin toutes les analyſes chymiques, ne ſont peut-être que le réſultat de différentes propriétés analogues au magnétiſme : mais nous ſommes encore bien loin d'avoir ſoulevé le voile qui nous dérobe cette partie de la Phyſique.

85. Après avoir expliqué ces différentes hypothèſes, nous allons préſenter quelques probabilités ſur la cauſe des variations diurnes : raſſemblons quelques faits.

Nous avons vu, dans la théorie du magnétiſme, que l'action de chaque point d'une lame aimantée, tend à détruire le magnétiſme des parties qui avoiſinent : de-là il paroît que l'état magnétique eſt un état forcé, & que le fluide magnétique fait

effort pour se répandre uniformément ; c'est ce que l'Expérience prouve, puisque l'on est obligé de renouveller de tems-en-tems le magnétisme des Aiguilles.

Le Globe de la terre est un aimant naturel, qui, livré à lui-même, paroît conserver sa force magnétique : cependant la variation de la déclinaison, nous annonce que la matiere magnétique y est dans un mouvement continuel : ainsi, en raisonnant par analogie, la matière magnétique auroit dû se répandre uniformément, & le magnétisme de la terre devroit être anéanti depuis long-tems.

Il y a donc quelque cause qui conserve, ou renouvelle le magnétisme de la terre.

Il est probable que la même cause, qui entretient le magnétisme de la terre, produit les mouvemens de la matière aimantaire, produit dans les déclinaisons, les variations annuelles & les variations diurnes.

La variation diurne est à-peu-près régulière ; l'Aiguille est actuellement dans nos climats dans sa plus grande déclinaison à une heure après midi : cette déclinaison diminue jusqu'à sept ou huit heures du soir ; elle est presque stationnaire jusqu'à huit heures du matin ; elle croît avec plus de rapidité, lorsque le Soleil s'approche de son méridien. . . . . Ces variations ne sont pas toujours égales. J'ai trouvé, en 1776, depuis le mois de Mars jusqu'à la fin de Juillet, qu'elles étoient quelquefois de 18 ou 20 minutes, mais le plus souvent entre 8 & 12′. Je n'ai pas trouvé les excursions journalieres régulièrement plus grandes pendant un mois, que pendant l'autre : les plus grandes variations ont été observées pendant l'Equinoxe, & pendant les chaleurs du mois de Juillet : il y a eu pendant ces cinq mois, trois variations

irrégulières ſenſibles; la premiere, le 28 Mars, elle a commencé à être apperçue vers les ſix heures du ſoir; à dix heures l'Aiguille étoit dans ſa plus grande excurſion, & ſa déclinaiſon de 61′ moindre qu'à une heure après midi. La ſeconde a été ſenſible le 5 Avril; l'on a commencé à obſerver la direction de l'Aiguille à ſept heures du matin; la déclinaiſon étoit de 41′ plus grande qu'à l'ordinaire; à 1 heure, elle avoit diminué de 30′, & l'Aiguille ſe trouvoit à-peu-près dans la même direction où on l'obſerve ordinairement à la même heure. La troiſieme variation a été ſenſible le 8 Avril, elle a commencé à être obſervée à 5 heures du ſoir, elle a marqué ſa plus grande excurſion à 9^{h}. & pour lors la déclinaiſon étoit moindre de 44′ qu'à 1 heure après midi; à minuit, l'Aiguille paroiſſoit dans ſa direction ordinaire; l'on diſtinguoit ce même jour une aurore boréale dans la partie du Nord-oueſt. Pendant les deux premières obſervations, le tems a été couvert & orageux. Daus les variations irrégulières, l'Aiguille eſt continuellement en mouvement, ſes oſcillations ſont quelquefois d'une demi-heure, & d'un quart de degré.

Il y a déjà long-tems que l'on a obſervé l'influence des aurores boréales ſur la direction de l'Aiguille; il eſt même très-probable que le fluide, qui forme ce météore, eſt le même que le fluide aimantaire: l'on trouve, à ce ſujet, les idées les plus ingénieuſes dans les Loix du magnétiſme de M. le Monnier; il ſera facile d'y adapter la théorie qui va ſuivre.

86. Si l'on examine les variations régulières diurnes de l'Aiguille, l'on verra qu'elles ont une révolution réglée comme celle du Soleil. C'eſt donc une action dûe à cet Aſtre qui produit ces variations périodiques. Quelques Auteurs ont prétendu

que ces variations étoient l'effet de la chaleur ſolaire, qui détruiſoit le magnétiſme de la partie de la terre qui lui étoit oppoſée. Ils ſe ſont fondés ſur ce qu'une lame aimantée perd dans le feu ſa vertu magnétique : mais, quand même cette opinion expliqueroit la variation diurne, elle ne ſeroit pas recevable ; parce qu'une cauſe, qui tendroit continuellement à détruire le magnétiſme de la terre, ne lui auroit laiſſé depuis long-tems aucune qualité magnétique.

Si ce n'eſt pas la chaleur du Soleil qui produit les variations diurnes : ſi cependant cet effet eſt dû à cet Aſtre, il faut que le Soleil agiſſe ſur le Globe terreſtre, comme un aimant agit ſur un autre aimant.

Voici, d'après cette idée, comme il ſemble que l'on peut expliquer tous les phénomènes magnétiques : l'athmoſphère ſolaire, connue ſous le nom de lumiere zodiacale, ne ſera autre choſe qu'un fluide magnétique ; ce fluide, en admettant le ſyſtême de M. Œpinus, & il ſera facile d'adapter les mêmes raiſonnemens à tout autre ſyſtême, agira ſur les parties de la terre pour en chaſſer le fluide magnétique qui y eſt contenu, comme le Pole poſitif d'un aimant, tend à chaſſer le fluide magnétique, du point d'une lame d'acier où il eſt appliqué.

Mais l'action de ce fluide ſera d'autant plus grande, que ſa denſité ſera plus grande & ſon éloignement moindre ; or cette denſité diminuant à meſure que l'on s'éloigne du Soleil, il en réſulte que ce fluide agira plus fortement ſur la partie de l'hémiſphère éclairée par le Soleil, que ſur l'hémiſphère oppoſée ; que ſon action ſera plus grande dans le périgée que dans l'apogée ; ainſi, pendant l'hiver, la partie auſtrale de la terre doit ſe vider de matiere magnétique : pendant l'été, l'athmoſ-

phère ſolaire produira un effet contraire ; mais le Soleil étant pour lors dans ſon apogée, cette action ſera moins grande que pendant l'hiver : d'où il doit en réſulter que la terre ſera aimantée poſitivement dans la partie boréale, & négativement dans la partie auſtrale : à meſure que l'apogée changera, il ſe fera une révolution dans la poſition du fluide magnétique ; mais ce mouvement eſt trop lent, pour que l'effet en ſoit bien ſenſible, depuis que l'on obſerve avec exactitude la déclinaiſon de l'Aiguille aimantée.

Il eſt facile à préſent d'expliquer les variations diurnes : le fluide magnétique, répandu ſur la ſurface de la terre, agit par ſa force attractive ſur les points de l'Aiguille aimantée négativement, & par une force répulſive ſur les parties de l'Aiguille aimantée poſitivement. Ainſi, la direction de l'Aiguille ſera déterminée par toutes ces forces, & cette action ſuivra une Loi de la denſité du fluide dans chaque point de la terre, & de ſon éloignement à l'Aiguille, ſur les différens points de laquelle il agit.

Dans la Fig. 29, le cercle E S O N repréſente le globe de la terre E O l'Équateur, & S N le Méridien du lieu, où ſe fait l'obſervation en *g* : la direction de l'Aiguille A B, placée ici ſur l'hémiſphère boréal, ſera déterminée par l'action magnétique de toutes les parties de la terre : ainſi, ſi l'action réunie de toutes ces forces, détermine la Bouſſole à former un angle *B g n* avec le Méridien, ce ſera parce que le fluide magnétique ſera plus denſe dans la partie O C N, que dans le quart d'hémiſphère E C N : on peut faire *vice versâ* un raiſonnement ſemblable par rapport à la partie auſtrale E S O de la terre.

Si E repréſente l'Eſt, & O l'Oueſt, à meſure que le Soleil

s'approchera du Méridien du lieu où la Bouſſole eſt placée, il chaſſera le fluide magnétique de la partie ECN, dans la partie OCN : ainſi, la denſité du fluide augmentera dans la partie de l'Oueſt, & diminuera dans la partie de l'Eſt : ainſi, ſi φ étoit le centre de toutes les forces qui ſollicitoient l'Aiguille lorſque le Soleil étoit en E, ce centre φ ſe portera vers l'Oueſt en φ', & la déclinaiſon augmentera, juſqu'à ce que le Soleil ſe trouve placé dans le même Méridien que ce centre φ'; & comme la déclinaiſon porte à préſent dans nos climats l'Aiguille vers l'Oueſt, il doit arriver que la déclinaiſon augmentera encore quelque tems après le paſſage du Soleil dans le Méridien du lieu où ſe fait l'obſervation. Lorſque le Soleil ſe trouvera à l'Oueſt du Méridien où eſt placé le centre φ, il eſt clair que pour lors la déclinaiſon doit diminuer; d'où il doit ſuivre le mouvement périodique des variations diurnes.

Si le fluide magnétique étoit répandu ſimmétriquement autour du Pole du monde : ſi le Soleil parcouroit toujours le même cercle, & à une même diſtance de la terre, le mouvement diurne de la déclinaiſon de l'aiguille pourroit être parfaitement régulier, & le centre φ parcoureroit un ovale exactement fermé. Mais la différente denſité de ce fluide dans les parties de l'Eſt & de l'Oueſt; le changement de poſition du Soleil doit faire, ou que ce centre ne viendra pas au point φ après une révolution diurne, ou qu'il pourra être porté plus loin; en ſorte que ce centre parcourera tous les jours, non pas un ovale exactement fermé, mais une ligne ſpirale; ce qui produira le mouvement annuel, obſervé dans la déclinaiſon depuis plus d'un ſiécle.

FIN DES PIÈCES DES PRIX.

MÉMOIRES

Scav. Etrang. Tom. IX. Pag. 264.

Fig. 1.

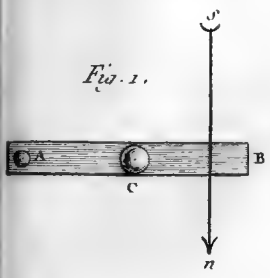


Fig. 2

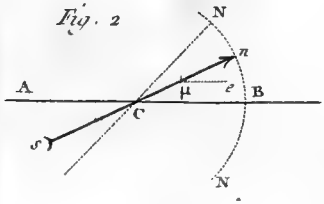


Fig. 3.

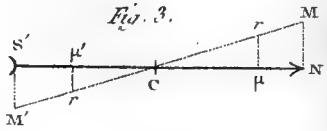


Fig. 4.

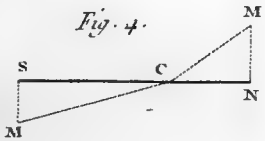


Fig. 5.

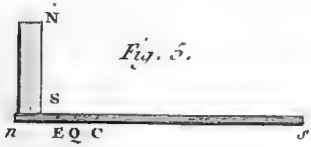


Fig. 6.

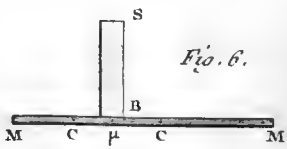


Fig. 8.

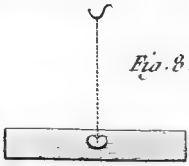


Fig. 9.

Fig. 7.

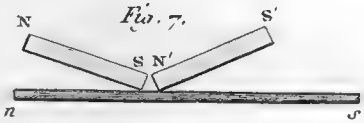


Fig. 10.

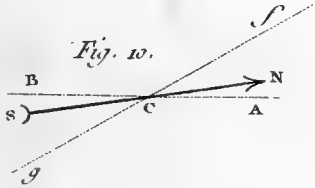


Fig. 11.

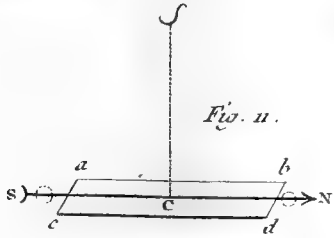
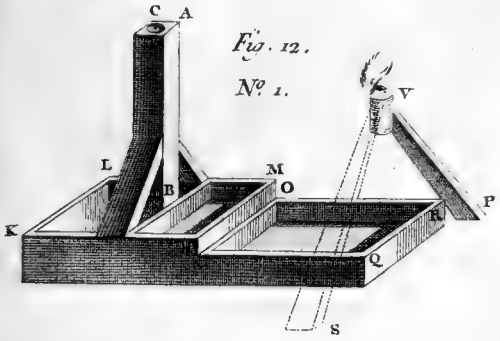
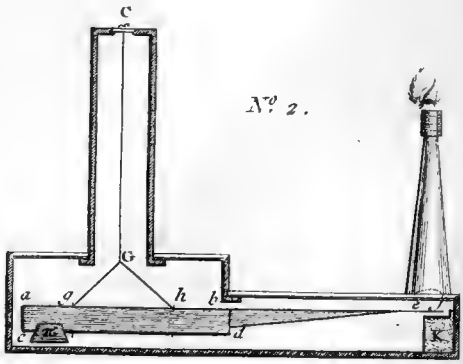


Fig. 12.
N° 1.



N° 2.



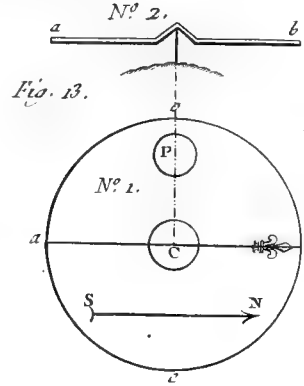


Fig. 13.

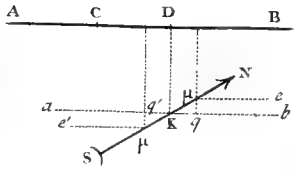


Fig. 14.

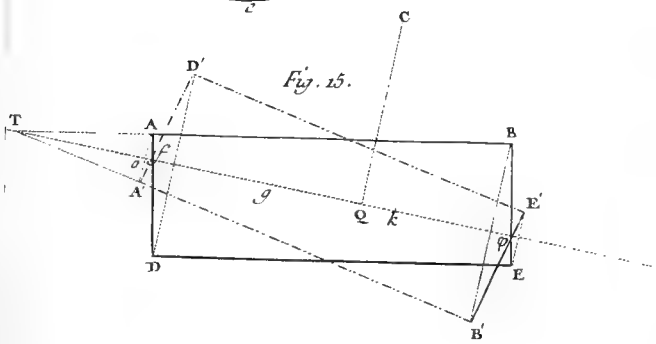
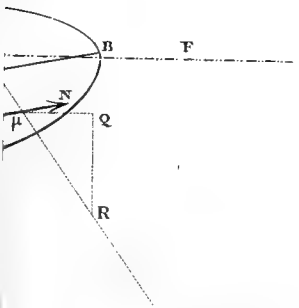


Fig. 15.



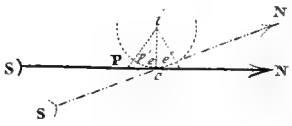


Fig. 17

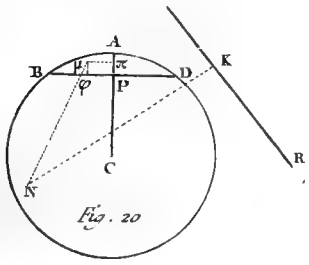


Fig. 20

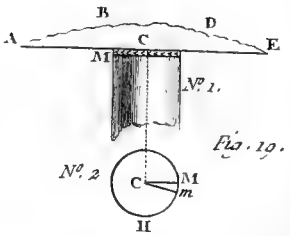


Fig. 19.

Scav. Ebrons. Tom IX. Pag. 284.

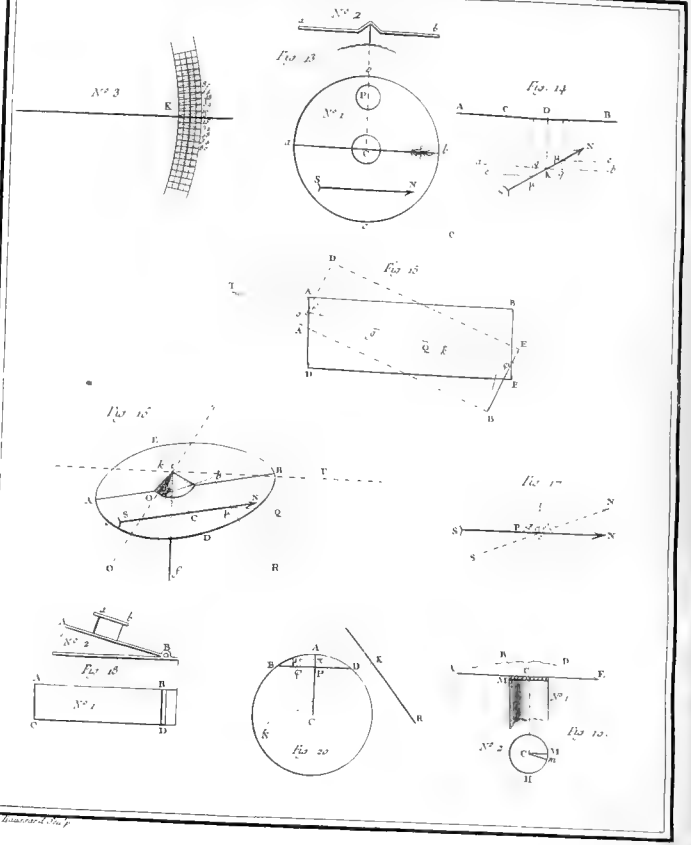
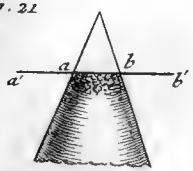


Fig. 21



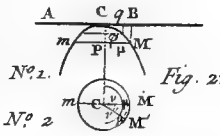
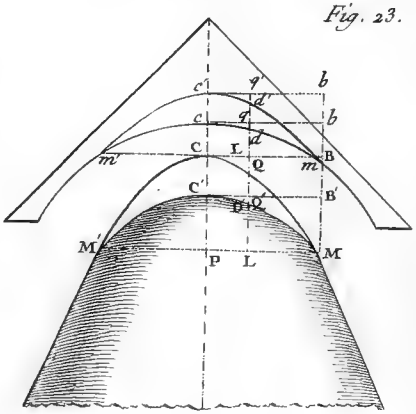


Fig. 22.

Fig. 23.



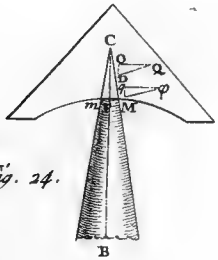


Fig. 24.

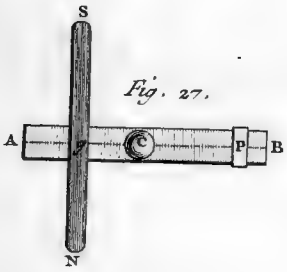


Fig. 27.

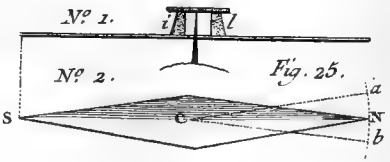


Fig. 25.

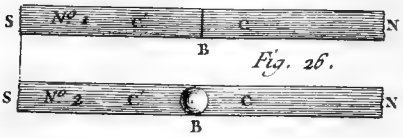


Fig. 26.

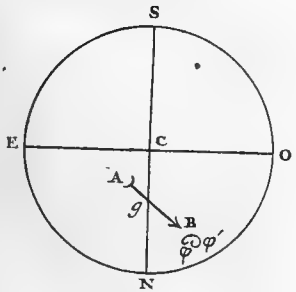


Fig. 29.

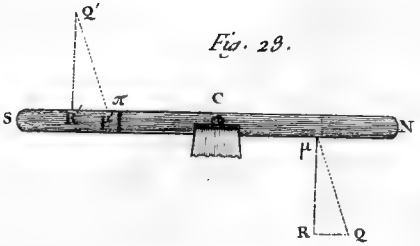
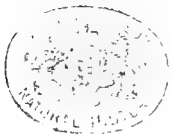


Fig. 28.



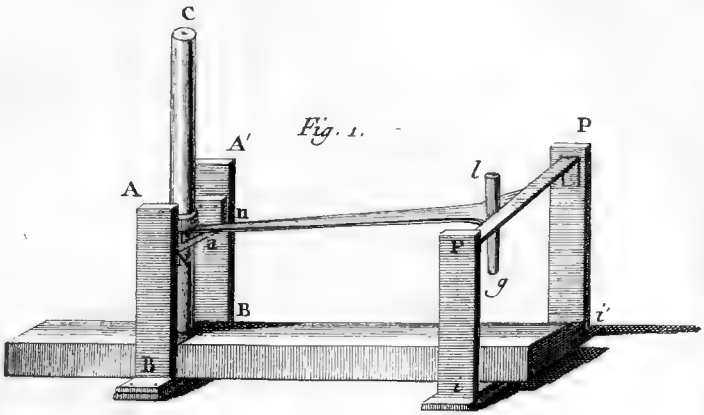


Fig. 1.

Fig. 2. N°. 2.

Fig. 2. N°. 3.

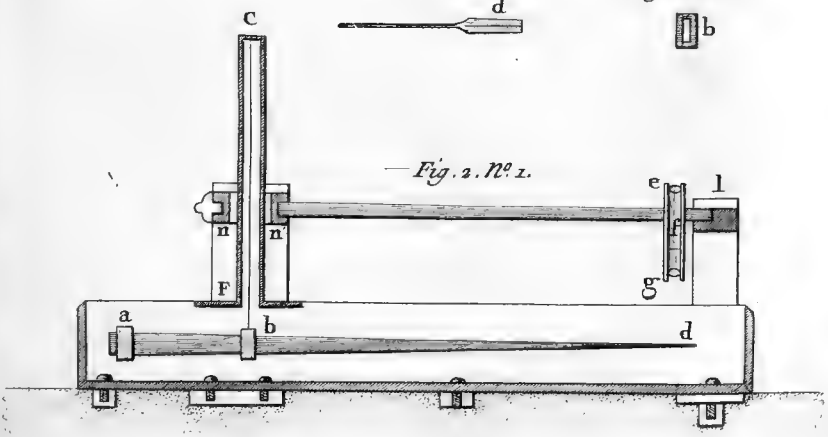


Fig. 2. N°. 1.

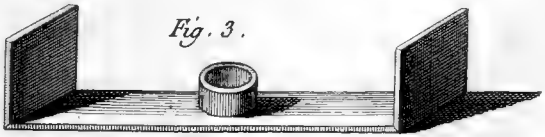
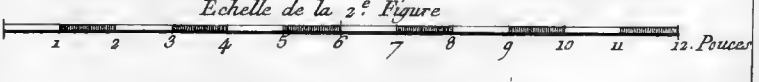


Fig. 3.



Echelle de la 2e. Figure

Elth. Haussard Sculp.

MÉMOIRES

DE MATHÉMATIQUE

ET

DE PHYSIQUE,

*Préſentés à l'*ACADÉMIE DES SIENCES *par divers* SAVANS, *& lus dans ſes* ASSEMBLÉES.

PREMIER MÉMOIRE
SUR
LES BANDAGES,
PROPRES A RETENIR LES HERNIES;
dans lequel on examine en détail les défauts qui les empêchent de remplir leur objet.

PAR M. GEOFFROI.

Présenté à l'Académie des Sciences, le 27 Novembre 1776.

ENTRE les Auteurs qui ont travaillé à la correction des Bandages, les uns se sont bornés à établir des principes généraux sur la manière de prendre les mesures, sur la construction des Bandages, & sur leur manutention.

Les autres ont proposé différens moyens de remédier à quelques inconvéniens dépendans de la nature & du volume des Hernies.

Le plus grand nombre attribuant l'inefficacité du Bandage dans plusieurs circonstances, au défaut d'une compression suffisante, ont cru trouver le point de perfection desiré, dans des machines compliquées propres à opposer une résistance proportionnée à l'impulsion des parties, sans avoir égard aux inconvéniens qui peuvent souvent en résulter.

Très-peu ſe ſont occupés eſſentiellement du mécaniſme des Bandages; cependant, en examinant attentivement leur action ſur les parties qu'ils touchent, il eſt facile de reconnoître que leur inefficacité & pluſieurs mauvais effets, que l'on attribue ſouvent à des cauſes éloignées, ne dépendent le plus ordinairement que des Bandages mêmes & des divers déplacemens qu'ils éprouvent.

Le petit Traité de *M. Dejean*, intitulé : *Ouvrage touchant les Hernies* ou *Deſcentes*, & celui de *M. Blegny*, Edition de 1676, ſont preſque les ſeuls où la matière ſoit enviſagée ſous ſon vrai point de vue. *M. Camper* a auſſi donné dans le dernier volume des Mémoires de l'Académie de Chirurgie des Remarques, très-judicieuſes ſur la conſtruction des Bandages & ſur leur action mécanique; il eſt fâcheux que ces Auteurs n'aient pas donné à leur ouvrage toute l'étendue qu'exige l'importance du ſujet, & dont ils étoient capables.

En réfléchiſſant ſur les moyens les plus propres à perfectionner ces machines, j'ai cru que le plus sûr étoit de commencer par bien connoître les défauts de celles qui ſont le plus en uſage.

Mais, pour ſe flatter d'y parvenir, il eſt indiſpenſable de bien connoître la nature de la maladie, la ſtructure naturelle des parties ſur leſquelles le Bandage doit agir, les vices de conformation, les degrés d'embonpoint, de maigreur & de ſenſibilité des malades, l'action mécanique des Bandages dans l'état de repos ou de mouvement, la nature des matières qu'on emploie pour leur conſtruction, enfin les cauſes acceſſoires qui peuvent changer leur effet & les rendre inutiles ou dangereux.

A cet effet, après avoir pris, autant qu'il m'a été poſſible, toutes les inſtructions relatives, je ne me ſuis pas contenté d'obſerver l'action mécanique des Bandages ſur un nombre

ſuffiſant de malades; mais, pour en juger avec plus de préciſion, je me ſuis aſſujéti pendant long-tems à les porter moi-même, & craignant encore de me tromper, j'en ai imaginé un qui n'eſt propre qu'à faire des eſſais & rendre ſenſible ce qui ſe paſſe ſous les pelotes dans les divers mouvemens du corps.

Pour qu'un Bandage ſoit bon, il faut que, dans quelque attitude que prenne le corps, il porte par-tout, qu'il oppoſe une réſiſtance conſtante & toujours égale aux parties qui ſe préſentent pour s'échapper.

Malheureuſement il n'eſt pas toujours facile de lui donner ce degré de perfection; les changemens variés dépendans du malade ou du Bandage même, occaſionnent des déplacemens contradictoires à l'effet que l'on deſire.

Ces déplacemens, qui juſqu'à ce jour me paroiſſent n'avoir été obſervés qu'en partie, & très-ſuperficiellement, influent trop ſur le mécaniſme des Bandages, pour ne pas mériter une attention particulière.

J'établirai donc trois eſpèces de déplacemens que je déſigne par déplacement de corps du malade; déplacement de pelote & déplacement de cercle, qui les uns & les autres ont différens degrés, & peuvent avoir lieu ſéparément ou quelquefois agir de concert pour nuire à l'effet du Bandage: quoique le fer d'un brayer ne décrive pas directement un cercle, je me ſervirai toujours de ce terme parce qu'il ne fait rien à la choſe & qu'il eſt conſacré par l'uſage; j'entends par pelote du Bandage, cette partie de la garniture qui bouche l'ouverture par-où ſortent les deſcentes; j'appelle plaque de Bandage, cette partie du fer ſur laquelle eſt couſue la pelote; ainſi, quand je parle d'un Bandage nud, je ne peux me ſervir que du terme de plaque, & ſi le Bandage eſt garni, j'emploie l'une & l'autre dénomination, ſuivant le beſoin.

Je diſtingue deux déplacemens de corps; le premier à

lieu toutes les fois que le malade assis ou debout, s'incline en avant pour agir dans cette attitude.

Ce déplacement souffre autant de variations qu'il y a de degrés d'embonpoint & de maigreur dans le malade, que la flexion du corps est plus ou moins grande, & que les siéges sur lesquels il s'assied sont plus ou moins bas.

J'appelle deuxième déplacement de corps, celui qui arrive sur nombre de sujets dans la situation horizontale; alors le même Bandage, qui, le malade debout, s'appliquoit exactement, laisse un vide à la partie supérieure de la pelote, quelquefois aussi à sa partie moyenne, ou au moins une diminution de compression; il n'y a alors que la partie inférieure qui paroisse n'éprouver aucun changement, principalement si elle s'étend jusqu'au pubis & que le Bandage ait la réaction nécessaire.

Ce dernier déplacement est sensible, il est même visible; puisqu'à certains sujets il laisse un pouce de vide à la partie supérieure de la pelote; il n'en est pas ainsi du premier déplacement, qui, quelquefois est si peu sensible qu'on pourroit le révoquer en doute; ce n'est que pour m'assurer parfaitement de son existence que j'ai imaginé le Bandage annoncé précédemment & dont il n'est pas inutile de faire ici la description.

Planc. 1. fig. 1, 2, 3. A la face antérieure d'une plaque de Bandage, j'ai fait river trois morceaux de cuivre de forme cylindrique, l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie moyenne & le troisième à la partie inférieure. Ces trois cylindres creusés dans toute leur longueur & ayant trois quarts de pouces de circonférence, débordent la face postérieure de la plaque, de manière à se trouver de niveau & à fleurer la pelote du Bandage qui est en liège de forme ordinaire & percée de trois trous pour les recevoir.

Aux deux parties latérales de la plaque, sont aussi rivées

Fig. 1

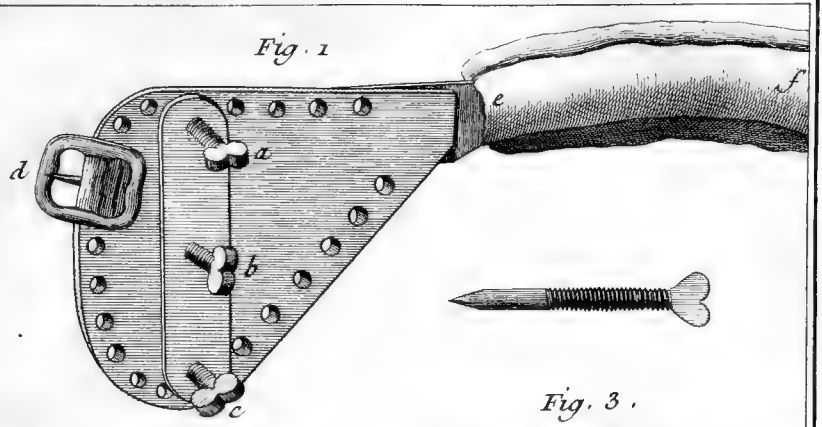


Fig. 2.

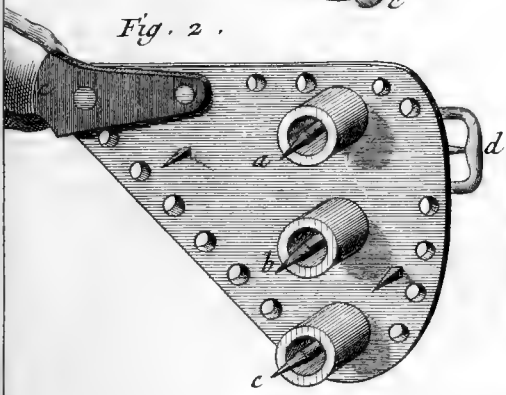


Fig. 3.

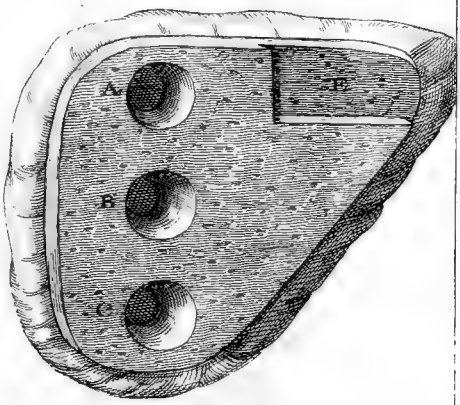


Fig. 4.

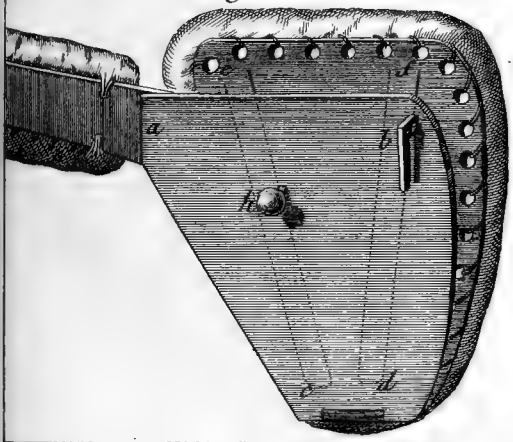
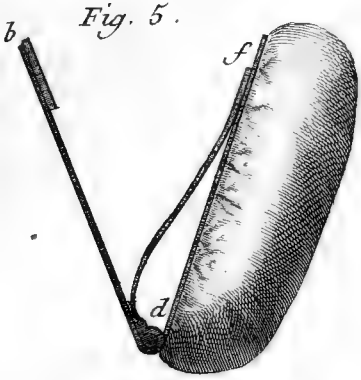


Fig. 5.



deux petites pointes, qui débordent la face poſtérieure de deux à trois lignes, & ſervent conjointement avec les cylindres à maintenir en place la pelote de liège & l'empêcher de vaciller.

Dans le milieu & ſur la longueur de la face antérieure de la plaque qui eſt de cuivre, eſt rivée une autre lame de cuivre de trois lignes d'épaiſſeur; cette lame de cuivre eſt percée & taraudée vis-à-vis les trous qui répondent aux cylindres, & dans chacun de ces trous ainſi taraudés, ſe place une vis qui paſſe à travers : ces vis ſont un peu affilées par le bout & débordent les cylindres, la pelote de liège & ſa garniture, autant & ſi peu que l'on veut, & reſtent fixées à la diſtance que l'on juge néceſſaire.

La plaque n'eſt point revêtue de toile comme il eſt d'uſage, il y a ſeulement à ſa partie latérale, qui regarde l'os pubis, une courroie très-courte & de largeur à pouvoir coudre à ſon extrémité une boucle pour ſuppléer au crochet & fixer le Bandage en y attachant la courroie qui fait le circulaire.

La pelote n'eſt garnie qu'à la face poſtérieure, c'eſt-à-dire à celle qui touche le ventre; cette garniture n'eſt compoſée que de deux morceaux de peau de mouton, entre leſquels on met un ou deux morceaux de molton ou d'autre étoffe laineuſe, & lorſque cette garniture eſt fixée ſur la face poſtérieure de la pelote, on la perce avec un *emporte-pièce* par les trous deſtinés à recevoir les cylindres, enſuite on attache cette pelote comme il a été expliqué précédemment.

La deſcription de cette machine, paroît aſſez indiquer l'uſage que l'on en peut faire, & la plus ſimple démonſtration ſuffira pour inſtruire ceux qui voudroient faire de ſemblables eſſais.

Suppoſons que, dans un ſujet quelconque, on veuille déterminer s'il y a un vide ou un défaut de compreſſion ſous

la partie moyenne de la pelote; à cet effet, le malade étant debout & le Bandage fixé comme à l'ordinaire, on tourne la vis qui répond à cette partie moyenne jusqu'à ce que, débordant un peu la pelote, sa pointe fasse une légère sensation sur la peau & cependant assez marquée pour que l'on s'apperçoive de sa diminution quand elle a lieu : ensuite on fait changer d'attitude au malade, & on le met dans un plan plus ou moins incliné; si, dans cette situation, il sent moins la pointe de la vis; si, le picotement n'est pas si considérable, c'est une preuve qu'il y aura seulement diminution de compression; s'il ne sent plus rien du tout, ce sera une preuve qu'il y aura un vide; enfin, si le sujet assis, courbé, ou droit sur ses jambes, sent également le contact de la vis, il sera démontré qu'il n'y a ni vide ni diminution de compression.

J'observe qu'il est nécessaire que la partie soit rasée, sans quoi le simple tiraillement d'un poil causeroit une douleur qui feroit croire que la vis auroit atteint la peau, lorsqu'elle en seroit encore éloignée, & cette sensation ne diminuant, ni n'augmentant, on en pourroit conclure à tort qu'il n'y auroit jamais ni vide, ni défaut de compression.

Après l'épreuve indiquée, pour se confirmer entièrement dans le jugement que l'on a porté, on réitérera l'Expérience, mais en sens contraire : la vis étant remise au niveau de la pelote, on fera asseoir & courber le sujet jusqu'au degré où la diminution de compression avoit paru le plus sensible; alors on resserrera la vis jusqu'à ce que la pointe se fasse sentir très-légèrement; ensuite on fera relever le malade, & si le défaut de pression est réel, le picotement augmentera, causera une sensation plus ou moins douloureuse & toujours proportionnée au degré du vice dont il est la preuve; au reste, il est facile de voir qu'en suivant la même méthode, on peut également s'assurer de ce qui se passe aux parties supérieures & inférieures.

Le réſultat des obſervations que j'ai faites ſur une quantité ſuffiſante de malades, m'a convaincu que chez preſque tous ceux qui ſont maigres & mal conſtitués, il y a diminution de compreſſion, quelquefois même un déplacement ſenſible, c'eſt-à-dire, un vide. A l'égard des malades gras & muſculeux, il n'y a jamais de vide; mais, dans certaines attitudes, on peut quelquefois, à l'aide du Bandage indiqué, obſerver un défaut de compreſſion. Dans les différens ſujets, ces défauts ſeront plus ou moins grands, à raiſon de la flexion du corps & de la forme que l'on aura donnée aux pelotes des Bandages; par exemple, dans un ſujet très-maigre dont le pubis eſt ſaillant, ſi on fait une pelote plate, il pourra y avoir un vide même aſſez grand; dans l'excès d'embonpoint au contraire, la même pelote ne pourra occaſionner qu'une diminution de compreſſion ſouvent aſſez ſenſible.

Je me ſuis attaché d'autant plus à prouver ce déplacement, qu'il eſt d'une conſéquence infinie, qu'aucun Auteur n'a paru y faire une attention ſérieuſe, & que *M. Arnaud* même, ſans lui donner aucune dénomination, n'en parle que ſuccintement, comme d'un vice qui ne tire pas à conſéquence, & dont il n'admet l'exiſtence qu'en ſuppoſant les malades aſſis ſur des ſiéges très-bas & le Bandage mal conſtruit : moi, je penſe au contraire, que celui qui eſt le mieux fait, ne peut le plus ſouvent que diminuer ce défaut.

Cependant s'il reſtoit encore quelques doutes, ſi les preuves que j'ai données paroiſſoient équivoques, il en eſt une irrévocable tirée de la nature des faits dont je crois pouvoir étayer mon opinion.

Si les Bandages bien conſtruits appliqués ſur des Hernies naiſſantes, qui ne ſont compliquées d'aucunes maladies & ſur des malades encore jeunes, bien conſtitués & ſur leſquels il n'y a aucun déplacement apparent; ſi ces Bandages, dis-je, retiennent conſtamment les Deſcentes, en empêchent les progrès, & mettent les malades à couvert de tout accident,

le défaut de compreſſion eſt idéal, ou de nulle importance; mais ſi le contraire arrive, ſi, comme il eſt prouvé, pluſieurs de ces malades voient leur état s'empirer, ſi leurs Deſcentes augmentent de volume & par ſucceſſion de tems deviennent complètes, on ne peut douter que ce déplacement n'en ſoit la cauſe, ſur-tout ſi l'on n'en peut découvrir d'autres.

J'aurois voulu reſſerrer dans un eſpace plus étroit ce que j'avois à dire ſur cet objet; mais l'importance de la matière m'a entraîné: je pourrois même ajouter bien des choſes, ſi les bornes que je dois me preſcrire ne m'en empêchoient. Je paſſe à la deuxième eſpèce de déplacement.

J'appelle déplacement de pelote, celui dans lequel cette partie du Bandage ceſſe de porter directement ſur l'anneau: j'en diſtingue de trois ſortes; dans le premier déplacement, qui eſt le plus fréquent, la pelote remonte plus ou moins, & laiſſe quelquefois l'anneau à découvert, il ſe fait ſur des ſujets peu muſculeux & chez ceux qui, ſans être abſolument maigres, ont le ventre plat & l'os pubis ſaillant; il y a pourtant certains cas où les perſonnes les mieux conſtituées ſouffrent auſſi ce déplacement; alors ſi l'anneau eſt bas & dilaté, ſi l'on n'a point remédié au défaut du ſous-cuiſſe, qui ſe relâche dans nombre de poſitions; enfin ſi la tumeur eſt ou d'un gros volume ou même d'un petit volume, mais cauſée par la préſence de l'épiploon, il eſt preſque certain que les parties ne ſeront point maintenues conſtamment en leur place.

Le ſecond déplacement de pelote ſe fait en ſens contraire au premier, & arrive à des malades extrêmement replets, chez leſquels la partie inférieure du ventre eſt preſque portée par la pelote, & la diſpoſe, par ſon poids, à deſcendre plus bas qu'il ne faut; beaucoup d'enfans ſont ſujets à ces déplacemens.

L'invention des ſous-cuiſſes & des ſcapulaires n'a pu remédier

que très-imparfaitement à ces déplacemens; en effet, ces bandes n'ont de valeur que dans une ſeule ſituation, c'eſt-à-dire, dans le plan droit; &, dès que le malade s'aſſied ou fléchit le corps, elles ſe relâchent & permettent aux pelotes de remonter ou de deſcendre.

Les reſſorts que l'on a imaginé de river ſur la plaque ou entre deux plaques, ne produiſent pas l'effet que l'on en attendoit, la ceinture de culotte empêche totalement leur action; &, en ſuppoſant que leur jeu fût libre, une pelote ainſi armée ayant trois à quatre pouces d'épaiſſeur, entraîne des embarras & des inconvéniens capables de rebuter les malades.

J'appelle troiſième déplacement de pelote, celui qui a lieu lorſque le malade eſt couché ſur la portion du cercle qui embraſſe la hanche, s'il eſt replet, ſi le bandage eſt neuf & épais en garniture, ſi le malade n'en a jamais porté, cette garniture s'affaiſſe par le poids du corps, le fer ſe moule ſur la hanche, s'enfonce dans les graiſſes & par conſéquent la pelote avance du côté du pubis plus qu'elle ne doit, ce qui peut d'autant plus faciliter la ſortie des parties, que la maſſe des inteſtins eſt rapprochée de l'anneau; mais, quand le malade éviteroit cette ſituation, le déplacement n'en auroit pas moins lieu, il eſt vrai qu'il ſeroit plus long-tems à ſe faire; car on ſait qu'il ſe paſſe quelquefois quinze jours, avant qu'un Bandage ait fait ſon effet: pendant cet intervalle, on le reſſere de tems à autre à meſure que la garniture s'affaiſſe & s'imprime dans les graiſſes; or elle s'affaiſſe & s'imprime plus ſur les hanches que ſur les autres parties; il eſt donc vrai que la ſituation ne fait qu'accélérer ce déplacement.

Reſte à traiter des déplacemens de cercles; j'en établis de deux ſortes, ils ſont ſouvent produits par un vice du Bandage, qui fait que ſon cercle deſcend plus ou moins bas, ſoit ſur l'épine, ce qui caractériſe le premier déplacement, ſoit ſur la hanche, ce qui produit le ſecond; l'un & l'autre ont été obſervés par pluſieurs Auteurs, mais ſuperficiellement, ſans aucune diſtinc-

tion ; le premier cependant en mérite beaucoup, c'eſt pourquoi je le diviſe en complet & incomplet. Le déplacement complet eſt celui dans lequel la queue du cercle deſcend d'un pouce ou deux, ſouvent plus, quelquefois moins, mais toujours aſſez pour que le malade s'en apperçoive par la gêne & la ſenſation douloureuſe qui en réſulte. Le mal-aiſe vient de ce que la queue deſcendant très-bas & en travers ſur les feſſes, gêne la marche & ſemble faire craindre que le Bandage ne tombe tout-à fait dans la culotte ; la douleur eſt l'effet de l'impreſſion de la lèvre inférieure du cercle, qui ſouvent, dans ce déplacement, porte ſeul ſur la peau ; ce déplacement ne peut avoir lieu que ſur des ſujets mal conformés & entièrement dépourvus de graiſſes.

J'appelle ce déplacement incomplet, lorſque la queue du cercle ne baiſſe que de quelques lignes, ou au plus d'un demi-pouce ; alors il eſt ſi peu ſenſible, que les malades ne s'en apperçoivent pas, & c'eſt en cela même qu'il eſt dangereux, parce que ſouvent il induit en erreur & fait chercher bien loin la cauſe des difficultés que l'on trouve à retenir une deſcente, tandis qu'un peu plus en garde, on la trouveroit dans ce vice du Bandage.

Le deuxième déplacement ſe fait à la portion du cercle qui embraſſe la hanche, & arrive lorſque cette partie étant dépourvue de graiſſe, le cercle diſpoſé à gliſſer par un vice dont je vais parler, eſt encore entraîné par le poids des culottes ; ce déplacement eſt le plus douloureux & le plus inſupportable aux malades, parce que quand il a lieu, le cercle, en baiſſant, ne porte que ſur ſa lèvre inférieure & ſur l'os des hanches qui eſt très-ſenſible & où il excite une douleur proportionnée au degré du vice, aux mouvemens que l'on fait & même au poids des vêtemens.

Dans les Bandages ſimples, ce déplacement change bien quelque choſe à la ſituation de la pelote qui remonte un peu, mais ſans découvrir l'anneau : dans les Bandages doubles, il

eſt d'une toute autre conſéquence, car ſi la pelote qui tient au collet, ſe dérange, & remonte ſeulement d'un quart de pouce, la ſeconde pelote, à raiſon de ſon plus grand éloignement du collet, pourra remonter d'un pouce, & laiſſer l'anneau preſqu'à découvert.

Le déplacement incomplet, & celui dont je viens de parler, peuvent avoir lieu ſur les malades les mieux conſtitués; alors leur principale cauſe eſt la tournure vicieuſe des Bandages qui ne portent point exactement à plat, & dans tous les ſens, ſur toutes les parties qu'ils touchent.

Ce défaut vient, ou de l'ouvrier qui les forge, ou du Bandagiſte qui, ayant été obligé de les *manuter*, aura ſuivi les régles que pluſieurs Praticiens nous ont preſcrites, & qui, pour être conſacrées par l'uſage, n'en ſont pas moins contraires au but que l'on ſe propoſe; c'eſt ce que je vais tâcher de prouver.

Lorſque le Forgeur n'ayant pas bien diſpoſé ſon cercle, lui donne trop de coude, le commence trop près de la plaque, & le continue ſur un trop long eſpace de fer, il en réſulte que la portion qui embraſſe la hanche, eſt plus baſſe que cette plaque, & ne porte que ſur ſa lèvre inférieure; cette mauvaiſe diſpoſition ſe continue juſqu'au bout, c'eſt-à-dire, juſqu'à la queue, qui n'eſt plus parallèle à la plaque; le cercle ainſi vicié, porte de plus en plus ſur ſa lèvre inférieure; la ſupérieure fait une ſaillie plus ou moins forte, ſuivant le degré du vice, & l'épaiſſeur de la garniture; alors ſi la ceinture d'une culotte étroite porte directement ſur ce cercle, ou immédiatement au-deſſus, il eſt preſque impoſſible que, dans les différens mouvemens du corps, il ne baiſſe de quelque choſe, ſoit ſur les hanches, ce qui donne lieu au deuxième déplacement, ſoit ſur les vertèbres, ce qui conſtitue le premier; or, dans ce premier déplacement, on peut ſe convaincre par le témoignage des yeux, que deux ou trois lignes de dérangement ſur cette portion de cercle, produiſent au-moins

autant de diminution de compreſſion à la partie inférieure de la pelote, & il n'en faut pas davantage pour faciliter la ſortie des deſcentes, même de celles qui ne ſont que médiocrement difficiles à contenir.

Une cauſe qui aide encore à ce premier déplacement, c'eſt l'habitude vicieuſe que l'on a de fixer le ſous-cuiſſe à la partie moyenne du cercle; car, pour le peu qu'on le ſerre, il détermine le cercle à deſcendre.

Voilà un défaut contre lequel on n'a jamais été prémuni, & dont les auteurs n'admettent l'exiſtence, que dans ſon plus grand degré, ſans diſtinction ni dénomination, & ſeulement ſur des ſujets appauvris, & abſolument dénués de graiſſes: ce que je viens de dire, montre la néceſſité qu'il y avoit d'aſſigner pluſieurs degrés à ces déplacemens; j'ai tâché de prouver qu'ils pouvoient avoir lieu quelquefois ſur les ſujets les mieux conſtruits, par l'inattention ou l'ignorance de l'ouvrier.

Voyons maintenant ſi le Bandage le mieux forgé, n'eſt pas ſuſceptible d'acquérir ce vice, en paſſant par les mains du Bandagiſte.

On ſait que le Bandage le mieux forgé, ne s'applique pas indifféremment ſur toutes ſortes de malades, que même, en le ſuppoſant fait exprès pour le ſujet, il eſt ſouvent néceſſaire que la *manutention* lui donne le dernier degré de perfection; cela poſé, imaginons qu'un Bandage bien forgé, bien tourné dans toutes ſes parties, ait ſeulement le défaut de trop comprimer à la partie inférieure de la pelote : comme il en réſulteroit nombre d'inconvéniens, on ſe hâte d'y remédier, & voici pour cela les préceptes que pluſieurs Auteurs preſcrivent. « Dans » le cas où la pelote d'un Bandage à gauche comprimeroit » trop à ſa partie inférieure, l'on doit empoigner cette pe- » lote de la main droite, & le cercle du Bandage de la « main gauche, & dans cette poſition, la main droite jetera

» cette pelote en-dehors.» Il eſt bien vrai qu'en procédant ainſi, l'on paroîtra jeter cette pelote en-dehors; mais comment ne s'eſt-on point apperçu que cette façon de faire eſt illuſoire? que ce n'eſt point effectivement la pelote qui change de poſition, mais ſeulement le cercle du Bandage dont la queue remonte plus haut qu'elle ne doit; ce qui eſt indiſpenſable, parce que cette dernière partie eſt flexible, & que la pelote ne l'eſt pas, encore moins le collet, auquel elle eſt continue: ce n'eſt donc ni l'un ni l'autre qui obéit, & quoique la main droite agiſſe, & que la gauche paroiſſe ne faire qu'entretenir, il n'en eſt pas moins vrai que la première, en voulant corriger le défaut de la pelote, en fait contracter au cercle un autre plus conſidérable: il ſe gauchit, & la queue qui remonte plus ou moins, n'eſt plus parallèle à la pelote; elle acquiert la diſpoſition vicieuſe de porter ſur ſa lèvre inférieure, & par conſéquent d'être ſujet à gliſſer ſur l'épine.

Outre ce premier vice, qui dépend de la *manutention*, il en eſt un autre qui, quoique peut-être moins conſidérable, eſt encore l'effet de la même cauſe; il a lieu lorſqu'on veut *manuter* en ſens contraire; c'eſt-à-dire, lorſque l'on veut augmenter la compreſſion de la partie inférieure de la pelote; alors les mains changent de place, la gauche empoigne la pelote, la droite ſe ſaiſit du cercle, & en agiſſant de la première, on fait rentrer cette pelote en-dedans, c'eſt-à-dire, qu'au lieu de faire remonter le cercle comme dans l'autre cas, on le force à deſcendre en proportion de ce que le défaut qu'on veut corriger, eſt plus ou moins grand, ce qui au moins gêne le malade, & diminue la faculté compreſſive du Bandage, en faiſant perdre le parallèle à ſon cercle.

J'ai tâché de prouver que l'inſtabilité du Bandage, eſt la principale cauſe des difficultés que l'on trouve à retenir les deſcentes; j'ai indiqué les déplacemens qui y donnent lieu,

& leurs différens degrés ; il me reſte maintenant à propoſer les corrections que je crois propres à prévenir ces divers inconvéniens, & à donner au Bandage une action ſtable & permanente dans toutes les ſituations ; ce travail ſera la matière d'un ſecond Mémoire.

SECOND MÉMOIRE

SECOND MÉMOIRE

SUR

Les moyens de corriger les défauts des Bandages énoncés dans le Mémoire précédent.

Pour expoſer avec méthode les moyens de remédier aux défauts de la plupart des Bandages dont on a coutume de faire uſage, je ſuivrai l'ordre des divers déplacemens que j'ai établi dans le premier Mémoire.

J'ai d'abord dit que je reconnoiſſois deux déplacemens de corps, dont le premier, & encore plus le ſecond, occaſionnent un vide à la partie ſupérieure de la pelote, quelquefois auſſi à la partie moyenne, ou au moins une diminution de compreſſion ; c'eſt donc ſur ces deux parties de la pelote, que les corrections doivent porter, car ſi le Bandage eſt bien appliqué, s'il a la réaction néceſſaire, s'il eſt ſerré comme il convient, & ſi le malade ne s'aſſied pas ſur des ſiéges très-bas, il eſt certain que la partie inférieure de la pelote, reſte fixée ſur le pubis, à moins que la maigreur du malade n'oblige le Bandage à remonter ; alors ce n'eſt plus un déplacement de corps, mais de la pelote, qui gliſſe par le défaut du ſous-cuiſſe, & c'eſt poſitivement ce qui caractériſe le premier déplacement de pelote dont j'aurai occaſion de parler dans la ſuite, en indiquant le moyen d'y remédier.

Si ceux qui ont cherché à perfectionner les Bandages, avoient bien reconnu la véritable cauſe des déplacemens dont il eſt queſtion, ils ſe ſeroient moins occupés de la partie inférieure de la pelote ; cependant le Bandage à vis de M. *Delaunay*,

celui à reſſort, à noix (que pluſieurs Auteurs ont anciennement revendiqués), ne paroiſſent avoir d'autre objet que d'augmenter la compreſſion de cette partie inférieure, d'où néceſſairement il réſulte un inconvénient qui n'a point échappé au génie obſervateur de M. Arnaud. « Quelques-uns (dit-il), » ont voulu augmenter le point de compreſſion, en ajoutant » à la pelote un reſſort à noix, avec un arc-boutant qui fixe » cette noix, & qui fait approcher davantage la pelote par » le bas, ſans conſidérer que ſi l'on augmente la compreſſion » dans la partie inférieure, on la diminue dans la partie ſu»périeure, & la hernie s'échappe par le haut.»

Quoique l'Auteur, que je viens de citer, ne trouve aucun mérite à cette invention, je crois cependant qu'il eſt des circonſtances où elle peut être de quelque utilité; par exemple, lorſque les malades ſont ſi fort chargés d'embonpoint, que le volume de la graiſſe empêche la compreſſion immédiate de la pelote; mais alors le Bandage à vis me paroîtroit mériter la préférence.

Pour ne point tomber dans l'inconvénient oppoſé à celui que M. Arnaud a relevé; c'eſt-à-dire, pour augmenter la compreſſion des parties ſupérieures & moyennes de la pelote, ſans diminuer celle de la partie inférieure, j'ai imaginé un Bandage qui me paroît propre à remplir cet objet; mais, pour me rendre plus intelligible dans la deſcription que je vais en faire, je crois qu'il ne ſera pas inutile d'établir quelques généralités ſur la diviſion des Bandages.

On diviſe ordinairement un Bandage nud en cercle & en plaque ou platine: dans le cercle, on diſtingue deux faces, l'une convexe, l'autre concave; deux bords ou lèvres, l'un ſupérieur, l'autre inférieur, & deux extrémités, dont l'une, qui tient à la plaque, ſe nomme le collet, & l'autre la queue: la plaque ſe diviſe en faces & en bords; chaque face ſe diſtingue en antérieure & poſtérieure, & ſe ſubdiviſe en partie ſupérieure, moyenne & inférieure.

Des bords, il y en a un ſupérieur, un inférieur, & deux latéraux, dont l'un eſt interne & l'autre externe; la longueur de la plaque ſe prend de la partie ſupérieure à l'inférieure, & ſa largeur d'un bord latéral à l'autre; lorſque la plaque eſt garnie, on lui donne le nom de pelote ou écuſſon; le Bandage, qui n'a qu'une pelote, eſt ſimple; s'il en a deux, il eſt double.

Lorſqu'il entre deux plaques ou platines dans la compoſition d'un Bandage ſimple; j'appelle antérieure celle qui eſt la plus éloignée du corps, & poſtérieure celle qui eſt la plus proche; ces diviſions, que je pourrois étendre beaucoup plus loin, me paroiſſent ſuffiſantes pour faciliter l'intelligence des corrections que je vais avoir l'honneur d'expoſer à l'Académie.

Pour remédier aux deux déplacemens de corps dont j'ai parlé, j'emploie un Bandage compoſé de deux platines, jointes par charnières à leur partie inférieure; la plaque poſtérieure eſt miſe en mouvement par l'action de deux reſſorts, qui ſont rivés près du bord ſupérieur de la plaque antérieure, & s'étendent latéralement juſqu'au bas de la poſtérieure. PLANC. I, *Fig. IV & V.*

Au moyen de cette ſimple mécanique, la platine poſtérieure mobile dans toute ſa longueur, s'éloigne ou ſe rapproche de l'antérieure par degrés, ſuivant le beſoin, & en proportion du plus ou moins de réſiſtance que lui offrent les parties.

Le malade étant debout, les deux platines ſe touchent pour l'ordinaire, ou laiſſent très-peu de diſtance entr'elles.

Dans la flexion du corps, elles s'éloignent plus ou moins, ſuivant les circonſtances: dans la ſituation horizontale, l'écartement eſt encore plus conſidérable, parce qu'alors l'affaiſſement des parties occaſionne un plus grand vide.

Enfin la pelote n'agit pas ſeulement par ſa partie ſupérieure, pour produire l'effet qu'on en attend; la moyenne, qui

répond directement à l'anneau, ſe rapproche également du corps, en raiſon du vide qu'elle a à remplir.

Pendant ces différens changemens, la partie inférieure de la pelote, diſpoſée pour faire une preſſion ſuffiſante, reſte ordinairement fixée ſur le pubis, & ſi, par quelques circonſtances, qui ne peuvent dépendre de la mécanique du Bandage, elle ne comprimoit pas aſſez, on auroit toujours les reſſources de la manutention, qui ne peut en rien diminuer le jeu des reſſorts.

J'ajoute encore que les vêtemens ne peuvent nuire à l'action de ce Bandage, & que la mécanique agiſſant de bas en haut, n'en eſt que mieux diſpoſée pour ſoutenir les parties.

Je paſſe aux corrections propres à remédier aux trois déplacemens de pelote, & à l'empêcher de remonter, de deſcendre, ou de ſe porter trop, ou trop peu en avant: comme la pelote remonte plus ſouvent qu'elle ne deſcend, & que ces deux déplacemens ſe corrigent l'un comme l'autre, c'eſt au premier que j'appliquerai mes moyens.

J'ai dit que ce déplacement arrivoit plus fréquemment aux ſujets maigres & mal conſtitués; cependant il eſt nombre de circonſtances où les perſonnes replètes, attaquées de hernies gliſſantes & difficiles à contenir, ſont obligées d'avoir recours aux ſous-cuiſſes, dans l'eſpérance de pouvoir, par leur moyen, maintenir leur Bandage; il ſuffit de connoître la diſpoſition que ces ſortes de Bandes ont à ſe relâcher dans les différentes attitudes & l'effet qui en réſulte, pour ſentir combien elles ſont peu propres à remplir l'objet qu'on ſe propoſe.

PLANC. II, *Fig. VI, VII.* Pour remédier à ce vice, je me ſers d'un barillet avec ſon reſſort, tel que ceux que les Horlogers emploient, à l'exception du rocher, que l'on peut cependant ajouter, ſi l'on a beſoin d'augmenter ou diminuer la force du reſſort; ce barillet, qui eſt caché en partie dans l'épaiſſeur de la

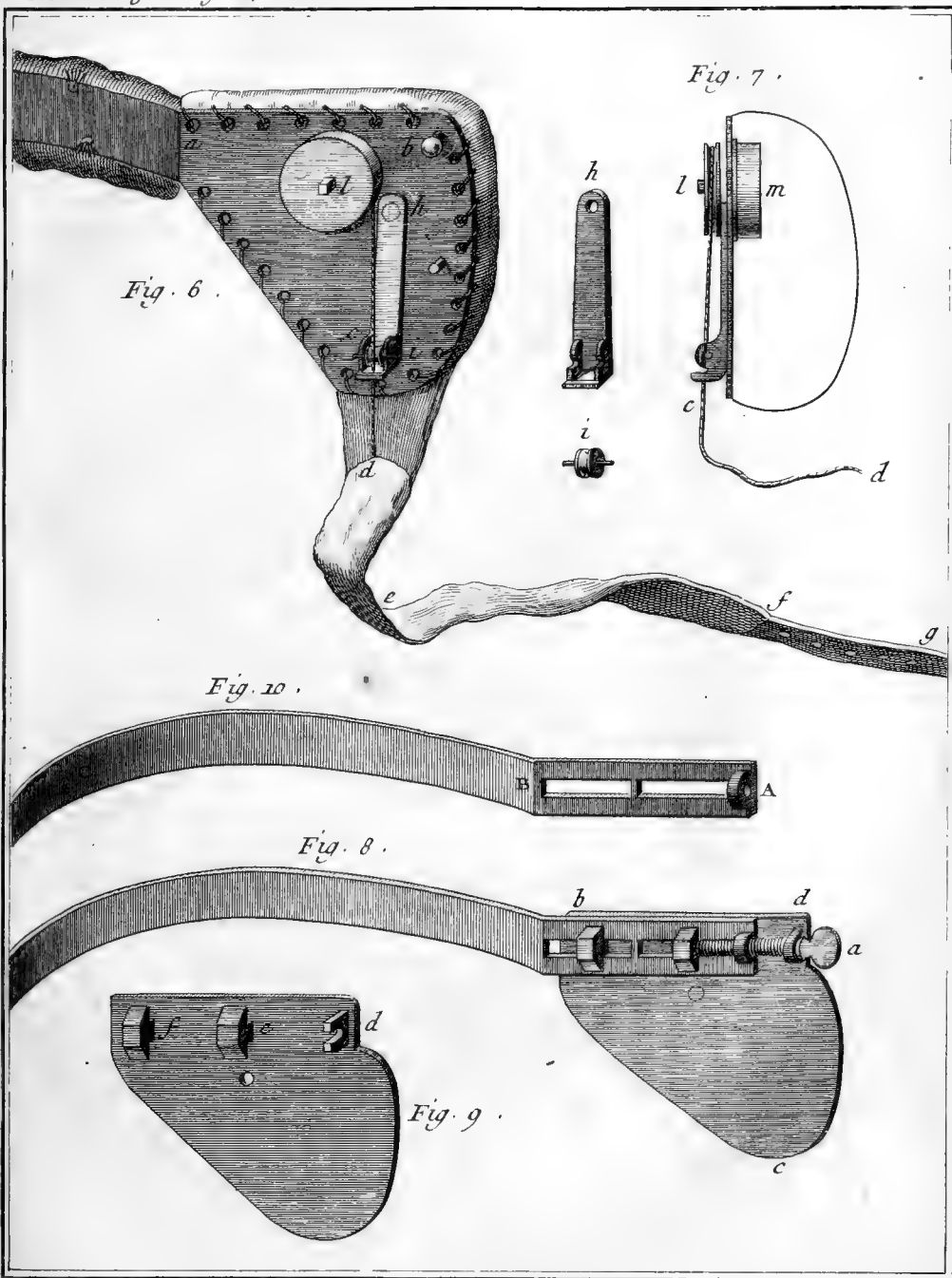
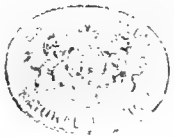


Fig. 6.
a
b
d
h
i
d
e
f
g
Fig. 7.
h
l
m
i
c
d
Fig. 10.
B
A
Fig. 8.
b
d
a
f
e
d
Fig. 9.
c



plaque, près de ſon bord ſupérieur, eſt couronné par une longue poulie fixée ſur ſon arbre.

A côté eſt une baſcule preſque de la longueur de la plaque; cette baſcule, fixée à ſa partie ſupérieure, par une vis à tête perdue ou fraiſée, eſt revêtue à ſa partie inférieure, d'une chappe qui loge une petite poulie poſée ſur champ, & maintenue par une goupille qui traverſe la chappe.

Cette baſcule n'étant fixée à ſa partie ſupérieure, que par une vis qui ne gêne point ſes mouvemens, elle a la liberté de parcourir preſque un demi-cercle ſur la plaque, vers ſa partie inférieure.

Une corde à boyau, qui part de la grande poulie ſur laquelle elle fait un tour, vient gagner la baſcule, & après avoir parcouru ſa longueur, vient paſſer ſur la deuxième poulie, pour ſortir par un petit trou fait à la chappe, & enſuite être fixée par pluſieurs points d'aiguille à l'un des bouts du ſous-cuiſſe.

Pour empêcher le frottement des vêtemens de nuire à l'action du reſſort, toute cette mécanique eſt recouverte par une lame d'acier très-mince, qui s'ouvre à charnieres.

Pour que cette machine rempliſſe ſon objet, il faut que le malade ait l'attention d'attacher le ſous-cuiſſe étant debout; qu'avant de le fixer par derrière au bouton deſtiné à cet uſage, il le tire aſſez pour l'éloigner de la pelote, au moins d'un pouce, alors à chaque mouvement du corps qui relâchera le ſous-cuiſſe, le reſſort le fera remonter.

Il obéira donc à tous les mouvemens, & tiendra toujours le ſous-cuiſſe au degré de tenſion néceſſaire, & par conſéquent empêchera la pelote de remonter.

Au reſte, dans cette correction, comme dans celle que j'ai indiquée pour remédier aux déplacemens de corps, l'on

peut & l'on doit proportionner la force des reſſorts à celle des malades, & au degré de la maladie.

Si, dans le ſecond déplacement où la pelote deſcend trop bas, le ſcapulaire dont on fait ordinairement uſage, étoit inſuffiſant, parce qu'il eſt également expoſé à l'inconvénient du relâchement des Bandes, on pourroit ſe ſervir des mêmes moyens, en diſpoſant le reſſort pour agir en ſens contraire.

A l'égard du troiſième déplacement de pelote, dans lequel cette partie ſe porte en avant, pour y remédier, je fais uſage d'une vis de rappel, qui, par la plus petite gradation, ramène la pelote vers l'os des îles au point deſiré.

PLANC. II, *Fig. VIII, IX & X.* Cette même vis agiſſant dans un ſens contraire, porte auſſi la pelote en avant, c'eſt-à-dire, vers le pubis, ce qui peut devenir très-utile dans pluſieurs circonſtances.

Par exemple, ſi un malade, dans un état de maigreur, porte un Bandage dont les rapports ſoient parfaits, & dont la juſte application produiſe l'effet qu'il en attend; ſi, dis-je, ce malade vient à prendre de l'embonpoint; alors le Bandage éprouvera néceſſairement un déplacement, parce que le volume de la graiſſe, qui recouvre les hanches, éloignera en proportion la pelote du pubis; dans ce cas, la vis de rappel ſervira à rapprocher la pelote, & à épargner les frais d'un nouveau Bandage, qui, ſans ce moyen, deviendroit indiſpenſable.

Outre ces avantages qu'on ne peut révoquer en doute; cette mécanique en préſente encore une autre, en pouvant remédier, juſqu'à un certain point, à l'inexactitude des meſures que les malades de la Province envoient aux Bandagiſtes qu'ils ne ſont point à portée de conſulter.

Pour bien ſentir l'effet de la vis de rappel dont il eſt queſtion, il eſt bon d'obſerver que le cercle du Bandage, au lieu d'être d'une ſeule pièce avec la plaque, comme il eſt

d'uſage, doit être forgé ſéparément, & qu'il faut avoir l'attention de donner à ſon collet autant de longueur que la plaque a de largeur à ſa partie ſupérieure.

Dans l'épaiſſeur de cette alonge du cercle, l'on pratique une couliſſe pour donner paſſage à deux conduits à chapeau, qui, d'une part, traverſent la plaque ſur laquelle ils ſont rivés & fixés ſolidement, & dont les têtes de l'autre part, recouvrent les bords du cercle, ſans y être attachés.

La vis, ainſi que la partie du cercle à laquelle elle répond, eſt placée le long du bord ſupérieur de la plaque; ſa tête affleure le bord latéral interne de cette même plaque, qui, pour cet effet, eſt échancrée.

Au bord de l'échancrure eſt un petit collet, qui embraſſe la vis immédiatement au-deſſous de ſa tête, & qui eſt fixe & rivé ſur la plaque, le bout du cercle eſt taraudé pour recevoir la vis qui, chaque fois qu'on la ſerre ou deſſerre, force la plaque à s'éloigner ou à ſe rapprocher.

Il me reſte à parler des corrections propres à remédier aux deux déplacemens de cercle; ils reconnoiſſent approchant les mêmes cauſes; le premier dont je parle d'abord, ſe fait par la mauvaiſe conformation ou du Bandage ou du malade, par ſa négligence ou ſon peu d'aptitude, enfin par le défaut de ſes vêtemens.

Pluſieurs Auteurs ont déjà indiqué les moyens de remédier à la plupart de ces inconvéniens, & les malades, en ſe rendant plus ſoigneux & plus attentifs, en portant des culottes hautes & larges, & en y joignant des bretelles, parviennent eux-mêmes à corriger ces défauts; il n'en eſt pas de même des vices de conformation, qui préſentent plus de difficultés, & exigent un artiſte inſtruit, pour déterminer, ſuivant les circonſtances, les moyens convenables qu'il faut employer.

Ces moyens juſqu'à ce jour, ſe ſont bornés principalement

à la manutention du Bandage, ou à ſe ſervir de bandelettes pour fixer la queue; mais l'expérience journalière démontre que le plus ſouvent elles ſont inſuffiſantes, & n'empêchent pas que le déplacement n'ait lieu.

PLANC. III, *Fig. XI.* Comme ce vice eſt eſſentiel, qu'il cauſe de la douleur, donne priſe aux ceintures de culottes, & diſpoſe le Bandage à ſe déplacer, je crois pouvoir y remédier, en fendant le cercle en deux parties, ſuivant ſa longueur, juſqu'à la portion qui embraſſe la hanche à laquelle, ainſi qu'au collet, je laiſſe toute ſa force.

Ces deux lames, plus étroites & plus flexibles, acquièrent la facilité de mieux s'appliquer à la région lombaire, leur écartement leur permet de s'inſinuer (ſur-tout dans les perſonnes maigres) entre les éminences ſaillantes des vertèbres, où elles trouvent un point de réſiſtance qui les empêche de gliſſer; ſur les malades replets, elles s'impriment plus facilement dans les graiſſes, & y reſtent fixées avantageuſement.

Enfin le Bandage conſerve la même réaction, &, ce qui n'eſt pas indifférent, c'eſt que chacune de ces lames armée d'une courroie, peut agir ſéparément ou enſemble, ſuivant qu'il eſt néceſſaire: ces deux courroies arrêtées à deux crochets qui ſont rivés ſur la plaque, aſſujétiſſent beaucoup mieux le Bandage; celle d'en-bas ſur-tout paroît augmenter la preſſion de la partie moyenne de la pelote (effet qu'une ſeule ceinture ne produit pas).

J'ajoute encore que le Bandage ne perd rien de ſa ſolidité, parce que j'ai la précaution de ne point diminuer la force de la partie qui embraſſe la hanche, ni celle du collet où ſe paſſent les plus grands efforts du Bandage, & où il caſſe le plus ordinairement.

Mais que deviendra la manutention preſcrite par différens Auteurs, & dont j'ai déjà fait voir les inconvéniens? L'inſpection ſeule de ce Bandage ſuffit pour démontrer qu'elle ne

peut

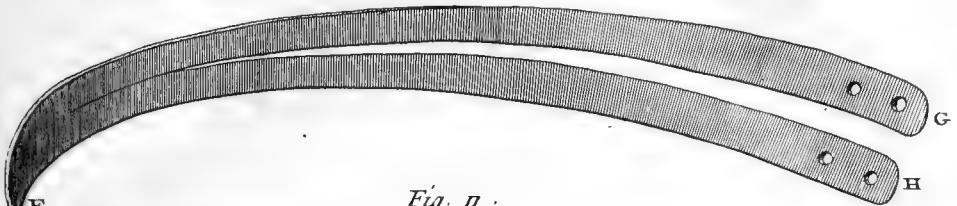
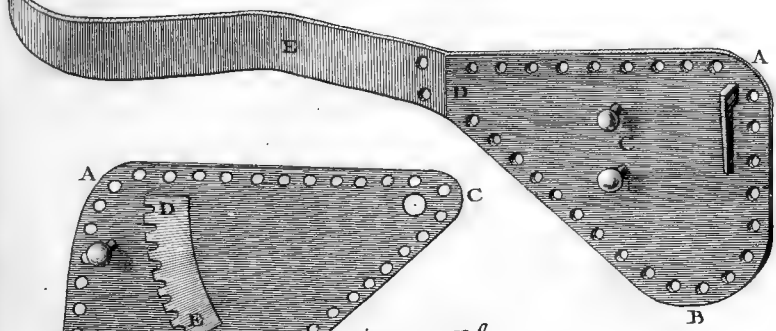


Fig. 11.



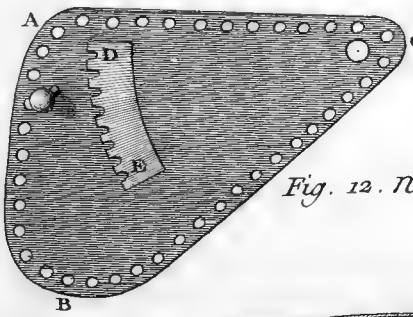


Fig. 12. N.° 2.

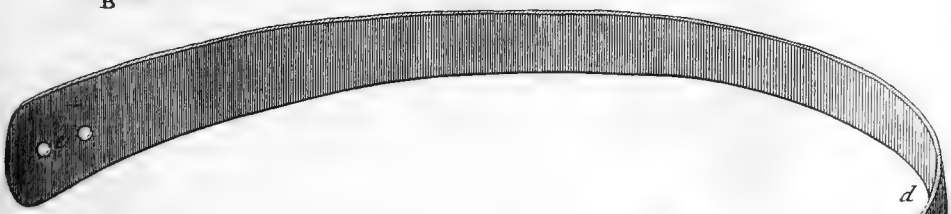


Fig. 12.

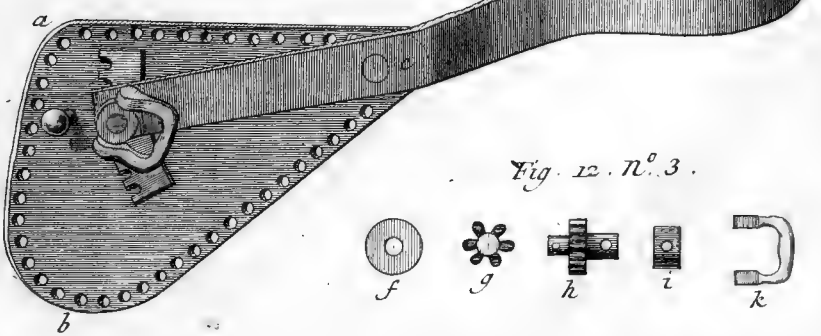


Fig. 12. N.° 3.

peut plus avoir lieu; car, en prenant la queue du cercle pour faire lever ou baiſſer la pelote, comme il eſt d'uſage, les lames ſe fauſſeroient, ou ſe croiſeroient l'une ſur l'autre, & le moyen de les rétablir, ne ſeroit pas facile; auſſi ce n'eſt pas de cette façon que je procède : le collet étant la partie la plus forte, & celle ſur laquelle on veut directement manuter, il me paroît plus naturel & plus méthodique de diriger ſes efforts vers cette partie.

Pour y réuſſir, je me ſers de deux pinces à vis, dont l'une embraſſe le bord inférieur du cercle, & l'autre ſon bord ſupérieur, de manière qu'il ſoit contenu dedans ſur ſon plat.

Je place la première de ces pinces la plus près qu'il m'eſt poſſible de la plaque, & la ſeconde, à deux pouces ou environ de diſtance; c'eſt dans cet intervalle que ſe fait la manutention, de ſorte que la pince la plus proche de la plaque la fait aiſément baiſſer ou lever, pendant que la ſeconde ne ſert qu'à contenir le cercle, & à former le point d'appui.

Alors le cercle ſe contournant un peu dans cet endroit, diſpoſe la plaque à produire plus ou moins de compreſſion, ſans expoſer la queue au moindre changement: ſi le vice à corriger étoit conſidérable, en forçant la manutention, le fer pourroit acquérir une diſpoſition à préſenter ſa lèvre inférieure; mais ce ſeroit directement vers le pli de la cuiſſe, où l'enfoncement qui s'y trouve ordinairement, indique une garniture plus épaiſſe, qui ſuffiroit pour corriger ces petits défauts; ces pinces dans le beſoin, ſont également propres à redreſſer le cercle dans tous les points de ſa circonférence.

Malgré l'avantage de ces corrections, il eſt des circonſtances où elles deviennent inſuffiſantes pour remédier au déplacement complet du cercle dont il eſt principalement queſtion; alors il faudroit employer un barillet placé derrière & au-deſſus du cercle, & auquel viendroit s'attacher une bande de futaine paſſée ſur l'épaule.

Quant au deuxième déplacement, qui ſe fait ſur la partie du cercle qui embraſſe la hanche, & y cauſe une douleur très-vive (comme *M. Arnaud* l'a obſervé,) on y remédie quelquefois en ſubſtituant au Bandage coudé, un collet droit, dont la lèvre inférieure ſe déjette en dehors, & qui, en partant de la plaque, ait une légère diſpoſition à remonter ſur la hanche.

PLANC. III, *Fig. XII.* Si ce moyen eſt inſuffiſant, j'emploie un autre Bandage; dont voici la deſcription. La platine & le cercle de ce Bandage ſont forgés ſéparément : la première eſt fendue ſur la hauteur; cette fente, d'environ un pouce & demi, eſt dentelée au rebord qui regarde la cuiſſe, le cercle du Bandage eſt fixe à la plaque vers ſon collet, avec un ſeul rivet aſſez lâche pour lui permettre de ſe mouvoir; ce cercle eſt percé à ſon extrémité antérieure, vis-à-vis l'ouverture de la plaque, un pignon qui traverſe le trou du cercle à l'ouverture de la plaque, engraine avec les dents de cette dernière, & donne la facilité de baiſſer le cercle, en tournant un anneau qui répond au pignon, & le cercle, en baiſſant vers la partie inférieure de la plaque, hauſſe en proportion, ſur la partie qui embraſſe la hanche, & reſte fixe à la diſtance que l'on veut.

A l'aide de cette mécanique, non-ſeulement le cercle remonte, mais ſa lèvre inférieure ſe rejette d'autant en dehors; & ſi, malgré cette correction, & la précaution de fixer la ceinture par deux courroies, il deſcendoit encore un peu au-deſſous de ſa poſition naturelle, il ne cauſeroit aucune douleur, parce qu'il porteroit à plat.

Si, outre la mauvaiſe conformation du malade, il ſe trouvoit encore des obſtacles produits par la nature de la maladie, c'eſt-à-dire, ſi la hernie étoit ancienne, d'un gros volume, & cauſée par la préſence de l'épiploon, comme ces ſortes de deſcentes offrent des difficultés preſque inſurmontables, je crois qu'on pourroit joindre à cette mécanique la Méthode de M. *Camper*, & donner au cercle du Bandage

la longueur néceſſaire pour ceindre un peu plus des trois quarts & demi du corps : malgré les embarras & les inconvéniens qu'entraîne néceſſairement l'uſage de ces ſortes de cercles, & dont l'Auteur convient lui-même avec franchiſe, le défaut de moyens plus convenables, m'a quelquefois obligé de les employer, & je crois que l'on auroit une parfaite réuſſite, ſi leur forme & la manière dont il faut les mettre, ne les rendoient pas incapables de conſerver long-tems leur réaction.

Comme il pourroit ſe trouver (quoique très-rarement) des circonſtances où il ſeroit néceſſaire de joindre pluſieurs de ces corrections ſur le même Bandage, pour faire voir que la choſe eſt facile, j'en ai fait fabriquer un, ſur lequel je les ai réunies toutes les quatre, & dont la deſcription ſeroit inutile, puiſqu'il ne contient qu'une poulie de plus, & un changement de place dans le barillet. PLANC. IV. *Fig. XIII, XIV, XV, XVI.*

Ce Bandage, quoique très-compoſé, ne paroît cependant ni plus lourd, ni plus embarraſſant que la plupart des brayes ordinaires, & beaucoup moins que certains Bandages de nouvelle invention, qui n'ont pas une utilité auſſi étendue.

D'après les corrections que je viens d'indiquer, & la diviſion des cauſes qui les rendent néceſſaires, il eſt facile de juger du degré de confiance que l'on peut donner à la plupart des Bandages que l'on annonce chaque jour, & dont l'on vante les effets merveilleux pour contenir toutes ſortes de deſcentes.

Je conviens qu'il en eſt dans le nombre qui peuvent réuſſir dans pluſieurs circonſtances ; mais j'oſe dire avec la même franchiſe, que je n'en connois point qui puiſſe remplir toutes les indications qui ſe préſentent : je dis plus ; le même Bandage qui auroit la propriété de remédier à un déplacement, peut être inutile, & même dangereux dans une diſpoſition contraire.

Plus les cauſes des déplacemens ſont multipliées, plus elles

exigent de moyens variés ; c'eſt une vérité dont conviennent (au moins intérieurement), tous ceux qui annoncent leurs Bandages comme propres à tout âge, à tout ſexe, & à toute maladie.

Le zèle avec lequel l'Académie éclaire les Arts, & facilite leurs progrès, l'empreſſement de chacun de ſes Membres à mettre ſous les yeux du Public les fruits de leurs travaux, m'ont facilité les moyens de perfectionner un Bandage imaginé depuis plus d'un ſiècle, & que ſes défauts ont depuis long-tems fait abandonner. (Je veux parler du Bandage de fil de fer.)

PLANC. V, *Fig. XVII & XVIII.* D'abord je m'étois imaginé que la mauvaiſe qualité de la matière, pouvoit contribuer aux inconvéniens qu'on lui reprochoit; mais, en liſant l'art du fil de fer par M. *Duhamel Dumonceau*, j'ai vu au contraire quels ſoins l'on apporte pour choiſir le meilleur fer ; j'ai appris qu'il faut que les différentes eſpèces que l'on emploie, aient été forgées & tirées dans les allemanderies, que l'on avoit l'attention de n'y laiſſer ni pailles, ni criſſures, ni grains ; enfin j'ai appris que les marteaux de l'allemanderie en alongeant les barres de fer, leur donnent du nerf, les rendent plus ductiles, ce qui joint aux opérations de la filière force les fibres à s'alonger & s'étendre ſur un même plan, & par conſéquent à acquérir plus de ſolidité.

Tant de perfections réunies étoient ſuffiſantes pour me déterminer à en eſſayer l'uſage ; je ſavois que *M. Lequin* employoit le fil de fer tel qu'il ſort de la filière, j'ai ſuivi d'abord le même procedé; &, après pluſieurs eſſais dont je n'eus pas lieu d'être ſatisfait, je compris enfin que je n'obtiendrois aucune réaction, tant que le fil de fer conſerveroit ſa rondeur & qu'il ne ſeroit pas écroui; à cet effet, en forgeant un peu le fil de fer, puis le battant à froid pour l'applatir en l'écrouiſſant, je ſuis parvenu à le rendre propre à remplir ſon objet; ſa réaction eſt parfaite; je crois même

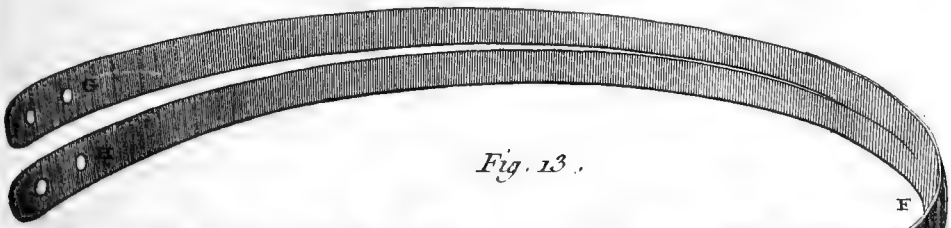


Fig. 13.

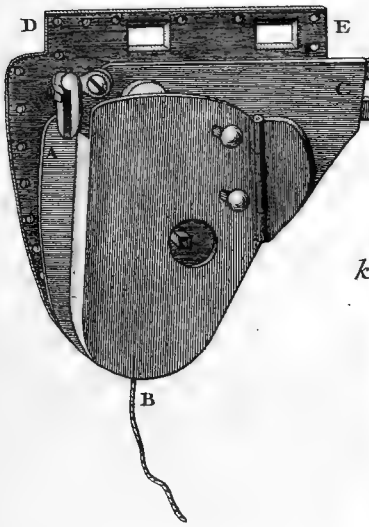


Fig. 14.

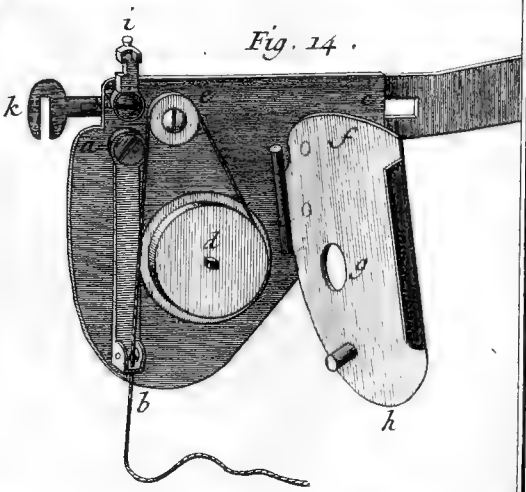


Fig. 15.

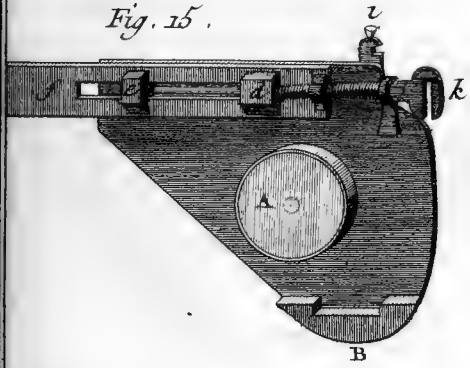
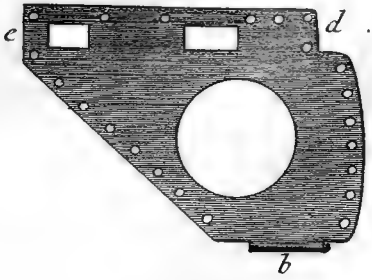


Fig. 16.



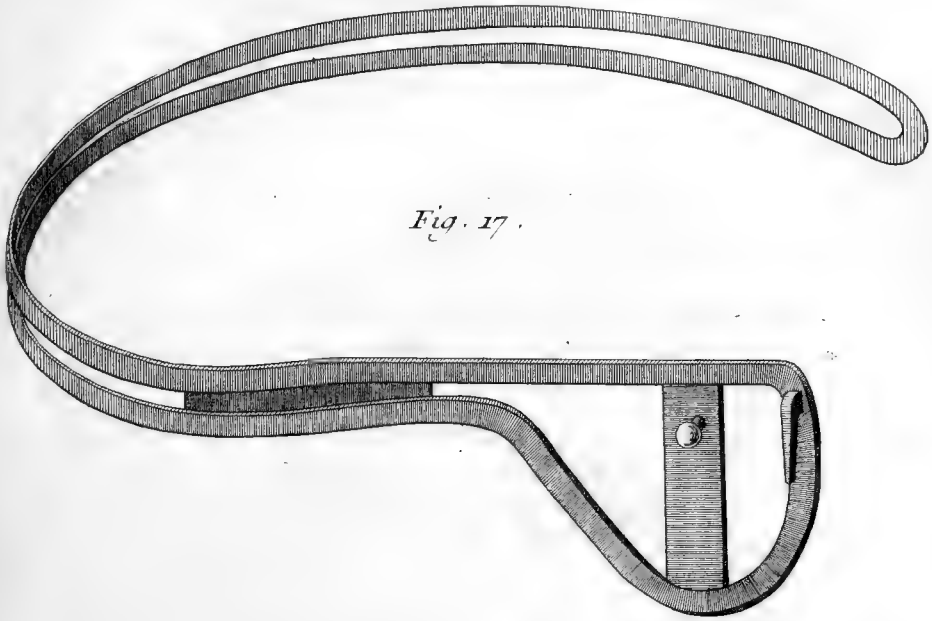


Fig. 17.

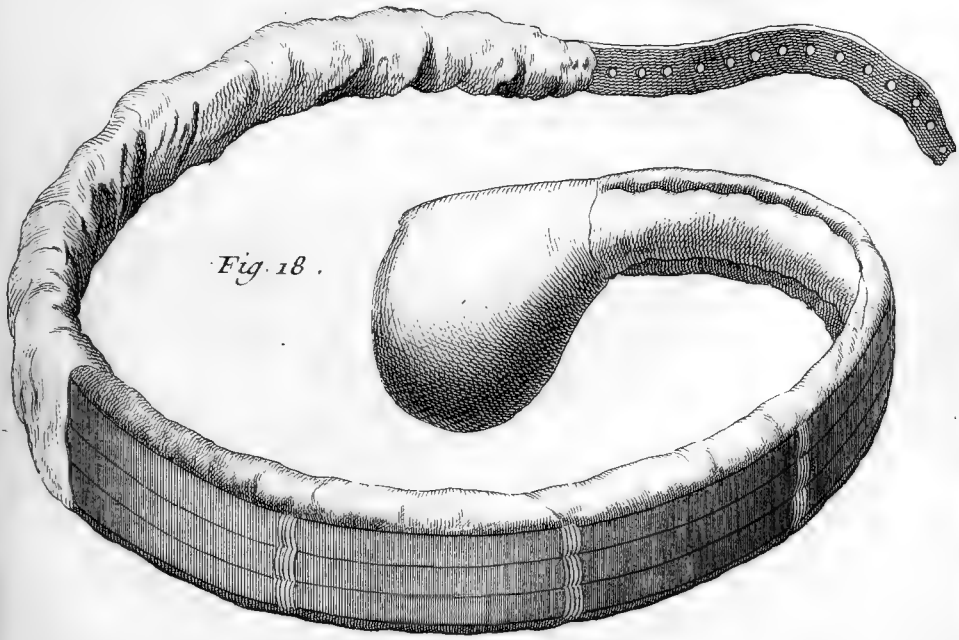


Fig. 18.

qu'il eſt ſuſceptible d'acquérir plus de reſſort que le fer en lames.

Outre cet avantage, ce Bandage réunit pluſieurs autres perfections, il eſt moins lourd que ceux dont on a coutume de ſe ſervir, il s'applique mieux dans tous les ſens, & ſe moule plus exactement ſur le corps, parce que ſes branches peuvent ſe mouvoir ſéparément, par conſéquent il eſt moins ſujet à ſe déplacer.

Les perſonnes délicates, les femmes ſur-tout dont l'imagination alarmée ſe fait ſouvent une idée déſagréable de la gêne & de l'incommodité des Bandages, n'en craindront plus tant l'uſage.

Celui de fil de fer réuniſſant aux qualités eſſentielles des autres Bandages beaucoup plus de légèreté & de flexibilité, ne doit pas leur paroître plus redoutable ni plus incommode que les corcets baleinés qu'elles portent journellement.

Il me reſteroit encore beaucoup de choſes à dire ſur les points de vue de cure radicale ou palliative que préſentent les corrections dont j'ai fait mention; mais les bornes d'un Mémoire, peut-être déjà trop long, ne me permettent pas d'entrer dans tous ces détails, je les réſerve pour un Traité de Bandages, dans leſquels tous ces objets ſeront diſcutés plus au long.

Avant de finir, je crois cependant ne pouvoir me diſpenſer d'obſerver que ſi les idées que je viens de ſoumettre au jugement de l'Académie, lui paroiſſent de quelque utilité, ſi ces idées rectifiées par l'expérience & l'obſervation, pouvoient un jour contribuer à la perfection des Bandages; les bons effets qui en réſulteroient pourroient diſpenſer les Malades attaqués d'Hernies d'avoir recours à ces opérations cruelles & dangereuſes, qui ſemblent n'avoir été conſeillées & pratiquées, juſqu'à ce jour, que pour mettre les Malades à l'abri

des incommodités & des accidens auxquels les Bandages défectueux les expoſent.

Quoique les corrections que je viens de décrire, ſoient le fruit d'une longue Expérience, d'un travail réfléchi & des conſeils d'un célèbre Chirurgien, ſous les yeux duquel je travaille depuis vingt ans, cependant je conviens qu'il peut ſe trouver des circonſtances où elles paroîtront inſuffiſantes.

J'ai tâché de me rendre utile & de contribuer aux progrès de l'Art, mais je ne me flatte point d'être parvenu au but deſiré : trop heureux, ſi mes idées peuvent en faire naître de plus avantageuſes, & ſi mes foibles eſſais peuvent ſervir d'échelon pour atteindre à la perfection.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIÈRE.

CETTE PLANCHE contient deux Bandages.
Les Figures, 1, 2, 3, repréſentent le Bandage d'épreuve.
Les Figures 4, 5, repréſentent le Bandage qui ſert à remédier aux déplacemens de corps.

FIG. I.ere *Plaque du Bandage d'épreuve vue du côté antérieur.*

ABC. *Les têtes des trois vis, qui traverſent les trois cylindres & la pelote du Bandage repréſentée par la fig. 3.*

D. *Boucle où va ſe fixer la courroie du Bandage.*

EF. *Portion du cercle revêtue de ſa garniture.*

FIG. II. *La même plaque vue du côté oppoſé.*

ABC. *Les pointes des trois vis qui traverſent les cylindres rivés à la platine.*

D. *Portion de la boucle.*

E. *Collet du cercle auquel la plaque eſt fixée par deux rivets.*

FIG. III. *La pelote du Bandage vue du côté qui touche à la plaque.*

ABC. *Les trois trous qui reçoivent les trois cylindres repréſentés dans la figure précédente.*

E. *Entaille pour recevoir le collet du cercle.*

FIG. IV. ABCD. *Platine antérieure & fixe.*

CD. *Charnière qui joint les deux plaques.*

EF. *Partie ſupérieure de la platine poſtérieure & mobile.*

B. *Paſſant ſous lequel s'engage la courroie du Bandage.*

H. *Bouton pour accrocher la courroie.*

FIG. V. *Profil du même Bandage.*

BD. *Plaque fixe.*

FD. *Plaque mobile revêtue de ſa pelote.*

FD. *Eſt auſſi un des deux reſſorts, qui font ouvrir la plaque.*

PLANCHE II.

Cette Planche contient deux Bandages propres à remédier aux déplacemens de pelote.

FIG. VI. ABC. *La platine ou plaque du Bandage vue du côté antérieur.*

HI. *Baſcule qui ſe termine à ſa partie inférieure (1) par une chappe dans laquelle eſt placée la petite poulie.*

L. *La grande poulie d'où part la corde de boyau.*

LCD. *Qui s'attache au ſous-cuiſſe* DEFG.

FIG. VII. *Profil de la plaque & de la garniture de la pelote.*

L. *La grande poulie.*

ML. *Barrillets qui renferme un reſſort.*

C. *Partie inférieure de la baſcule, ou chappe qui contient la petite poulie.*

LCD. *La corde de boyau.*

Entre ces deux figures on a repréſenté ſéparément la baſcule HI *& au-deſſous la petite poulie.*

FIG. VIII. BCD. *La plaque du Bandage monté ſur ſon cercle.*

A. *Tête de la vis de rappel, qui fait avancer ou reculer la plaque.*

FIG. IX. *La même plaque ſéparée de ſon cercle.*

D. *Entaille qui reçoit le collet de la vis.*

EF. *Les deux tenons ou conduits à chapeaux, qui traverſent la portion du cercle qui eſt fendue.*

FIG. X. *Portion de cercle ſéparé de la plaque.*

A. *Trou taraudé qui reçoit la vis de rappel.*

AB. *Les fentes ou couliſſes, qui reçoivent les conduits à chapeaux de la figure précédente.*

BC. *Portion de cercle du Bandage.*

PLANCHE III.

Cette Planche contient deux Bandages propres à remédier aux déplacemens du cercle.

FIG. XI. ABD. *La platine rivée au cercle* EFGH.

GH. *La queue du cercle, qui eſt ſéparée en deux.*

C. *Deux boutons rivés ſur la plaque & deſtinés à fixer les courroies.*

FIG. XII.

FIG. XII. ABC. *La plaque assemblée en* C, *avec le cercle* CDE, *par une rivure, qui lui permet de tourner en haut ou en bas, selon que l'on tourne le pignon placé sur l'extrémité du cercle.*

FIG. XII. N.° 2. *La plaque du Bandage précédent séparée de son cercle.*

ABC. *La plaque.*

C. *Trou de la rivure, qui sert de centre de mouvement & est aussi le centre de la fente* DE, *dentée intérieurement pour engrainer avec un pignon de six aîles qui est au-dessous de l'extrémité du cercle.*

FIG. XII. *N.°* 3. *Développement du pignon & des pièces qui en dépendent.*

F. *Rondelle de cuivre, qui se place sur la tige du pignon, & derriere la plaque, après que celui-ci est placé dans la fente dentée; cette rondelle est fixée par une goupille.*

G. *Le pignon vu en plan.*

H. *Le pignon vu en profil, on y distingue les deux tiges & les troux dont elles sont percées pour recevoir les goupilles.*

J. *Virole de fer qui se place sur la longue tige du pignon, après qu'elle a traversé de dedans en dehors le trou du cercle destiné à la recevoir.*

K. *Boucle ou belière qui embrasse la virole & est traversée ainsi que la tige du pignon par une goupille.*

PLANCHE IV.

Cette Planche contient un Bandage auquel on a réuni les quatre principales corrections & les développemens nécessaires.

FIG. XIII. *Le Bandage vu par sa partie antérieure.*

ABC. *La plaque du cercle recouverte en partie par une pièce qui renferme la mécanique relative au sous-cuisse.*

B. *Corde de boyau qui s'attache au sous-cuisse.*

DE. *Partie de la platine mobile à laquelle s'attache la pelote comme dans les figures* 4 & 5 *de la Planche* I.

EFGH. *Le cercle à deux queues dont les courroies viennent s'attacher aux deux boutons que l'on voit sur la pièce qui couvre la mécanique, figure suivante.*

Fig. XIV. *La platine du cercle ou platine fixe vue à découvert, ainſi que la mécanique du ſous-cuiſſe.*

ABC. *La plaque.*

AB. *La baſcule dans la poulie de laquelle paſſe la corde de boyau, comme dans le premier Bandage de la Pl.* II.

D. *La grande poulie placée plus bas que dans la Planche* II, *figure* 6, *à cauſe que la mécanique plus compliquée exige une poulie de plus.*

E. *La moyenne poulie ou poulie de renvoie.*

FGH. *Couverture de la mécanique.*

I. *Crochet qui arrête la tête* K *de la vis de rappel, après qu'elle eſt ployée comme dans la figure précédente.*

Fig. XV. *La plaque fixe vue du côté oppoſé, & ſéparée de la plaque mobile ou plaque de la pelote.*

B. *Un des côtés de la charnière qui aſſemble les deux platines.*

A. *Le barillet dont le reſſort communique le mouvement à la grande poulie placée de l'autre côté de la plaque.*

K. *La tête de la vis de rappel flexible par ſon collet pour être arrêtée par le crochet* J.

DE. *Conduits à chapeaux ſous leſquels coule la portion de cercle* F. *que ces conduits traverſent.*

Fig. XVI. *La plaque mobile ou plaque de la pelote vue du côté auquel cette garniture doit être attachée.*

DE. *Le haut de la platine.*

B. *Charnon qui eſt reçu entre ceux de la figure précédente.*

Planche V.

Cette Planche contient deux Bandages de fil de fer écrouis pour leur donner du reſſort.

Fig. XVII. *Bandage ſimple à deux branches non garni.*

Fig. XVIII. *Bandage ſimple à trois branches revêtu de ſa garniture.*

Toutes les figures de ces cinq Planches ſont gravées aux deux tiers des objets, en ſorte que huit lignes du pied de roi repréſentent un pouce; c'eſt l'échelle commune à toutes ces figures.

OBSERVATIONS SUR DES TUBULAIRES

A TUBE ÉLASTIQUE ET CARTILAGINEUX.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

Correſpondant de l'Académie & Membre de la Société Royale de Londres.

L'HISTOIRE NATURELLE des animaux ſédentaires au fond de la mer, & qui ſe conſtruiſent des demeures à l'abri des flots, eſt ſans contredit la moins connue, & la plus difficile à obſerver : on peut mettre dans ce rang les vers marins dont je vais donner la deſcription. Le premier, qui ſera l'objet de ce Mémoire, habite des endroits que la mer ne découvre jamais, & ſe cole ſous de groſſes pierres par un maſtic ſi dur, & dans une telle ſituation, qu'il peut ſe ſouſtraire également aux inſtrumens des Pêcheurs, & à la curioſité des Obſervateurs. La façon dont ces animaux ſaiſiſſent leur proie, les organes dont la Nature les a pourvus, la conſtruction ſingulière de leurs demeures, l'analogie qu'ils me paroiſſent avoir avec les Polypes, m'ont paru des objets dignes de l'attention des Naturaliſtes.

En 1764, dans les marées de l'équinoxe d'Automne, j'eus les premières indices de ces animaux. Je cherchois alors différentes eſpèces de *Fucus*, pour en former une collection, & je fis arrêter le bâteau qui nous portoit auprès d'une petite Iſle environnée de rochers, au milieu de la rade de Lomariaker, près de Morbihan. Le fond de la mer tapiſſé de plantes marines, parſemé d'Ourſins de différentes couleurs, offroit aux yeux le ſpectacle le plus agréable : l'attention

avec laquelle je le conſidérois, me fit appercevoir de groſſes tiges couronnées de filamens épanouis, qui préſentoient l'image d'une fleur au fond des eaux. Lorſque la mer eut perdu ſuffiſamment pour atteindre au fond, je fis arracher de ces tiges qui me parvinrent en aſſez mauvais état, mais qui juſtifièrent pleinement les ſoupçons que j'avois eu, que ces amas de feuilles dont les tiges étoient chargées, cachoient le tube d'un animal qui me parut en grand ce que les corallines ſont en petit.

Animé par ces premiers ſuccès, j'entrepris un ſecond voyage dans la même rade ſur la fin de l'année dernière 1765, deux jours après la pleine Lune, qui ſuivit l'Équinoxe d'Automne. La mer fut plus baſſe qu'on ne l'avoit vue depuis longtems; & les animaux que je cherchois n'étoient couverts que de 2 à 3 pieds d'eau. Le mouvement des filamens, qui couronnoient la tige, me parut alors parfaitement ſemblable à celui des trompes de l'eſpèce d'ortie de mer, appellée par *Rondelet urtica cinerea*. Ces filamens mouchetés de pluſieurs taches, diſparoiſſoient ſubitement dès que je les touchois de l'extrémité d'une baguette.

Pour prendre ces tubes ſans les déchirer, je fis deſcendre dans la mer, & enlever les pierres auxquels ils étoient adhérens. Ces tubes ſont collés au-deſſous de la pierre par une baſe fort large comme les litrophites (*Planche I, fig.* 1, 2), & ont une conſiſtance tout auſſi forte. Par le moyen d'une lame de couteau fort mince, je parvins à les détacher ſans offenſer l'animal; j'en emportai de cette façon près d'une douzaine; j'enveloppai le tout de *Fucus* pris ſur les lieux, &, à la faveur de cette humidité, les animaux vécurent aſſez pour me donner tout le tems de les obſerver.

Le tube qui eſt flexible, élaſtique, & qui a la conſiſtance d'un cartilage, eſt un cylindre dont les plus longs avoient un pied & demi, & 5 à 6 lignes de diamètre. Ce cylindre coupé, ſuivant ſa longueur, préſentoit un gros vers (*Pl. II*,

fig. 1), long d'un pied, d'un brun foncé ſur le dos, & plus clair ſous le ventre, de la figure de la Scolopendre de mer, armé comme elle de pointes qui régnent des deux côtés dans toute la longueur de l'animal, mais qui diffère de la Scolopendre, en ce que notre Tubulaire eſt charnu comme les vers ordinaires, & que ſa tête eſt ornée de trompes d'une conſtruction ſingulière dont nous parlerons bientôt.

Pendant que cet animal vivoit dans l'amas de *Fucus* où je le conſervois, il pouſſoit de tems en tems la tête hors du tube pour rechercher l'humidité : alors ſes trompes colées les unes aux autres, préſentoient exactement la figure d'un pinceau, *a*, *b*, *c*, (*Planche II*, *fig.* 1); comme je me ſouvins d'un animal à-peu-près ſemblable, décrit par *Rondelet*, j'eus recours à l'ouvrage qu'il avoit fait traduire ſous ſes yeux, & que j'avois actuellement ſous la main. Voici ce qu'il en dit, *Livre II*, *pag.* 77.

De la ſimilitude des pinceaux deſquels uſent les Peintres, ou deſquels on blanchit les parois, j'ai appelé pinceau de mer ce qui eſt ci-deſſus pourtrait, pour la grandiſſime ſemblance. C'eſt un tuyau fait comme de teſt dur, attaché aux rochiers d'une attache molle & lâche, de ſorte que les vents & les ondes l'agitent çà & là. Au-dedans eſt une ſubſtance charnue, aucunes fois jaune, aucunes fois d'autre couleur. Quand elle ſe jette dehors, elle s'épand comme vous voyez en la peinture, tellement qu'il n'y a rien de plus ſemblable à un pinceau. Il s'en trouve aux rochiers d'alentour l'Iſle de S. Honorat de Lérins.

Comme les Naturaliſtes ne s'accordent pas ſur la nature du Tubulaire auquel *Rondelet* a donné le nom de pinceau de mer, qu'on ignore d'ailleurs la ſtructure de ces eſpèces d'animaux, je me contenterai de décrire celui qui fait l'objet de ce Mémoire.

La baſe du cylindre eſt un cartilage de la nature de la

corne à lanternes, plus dur & plus épais que celui du reſte du tube; c'eſt le tube même prolongé & applati par la pierre qui le comprime en cet endroit. Cette baſe eſt repréſentée par la *Pl. I*, *fig.* 1. Elle eſt tellement adhérente au rocher, qu'on la déchire plutôt que de l'arracher. De cette baſe naît un petit tube ou appendice *a*, *b*, percé par ſon extrémité *a*, qui commence à ſe confondre avec le grand tube en *c*, & qui communique avec lui par le canal *c*, *d*. (Voyez, *Planche III*, *fig.* 5, qui repréſente le tube & ſon appendice coupés dans une direction parallèle à l'axe.) Voici l'uſage auquel je crois que cet appendice eſt deſtiné.

La Nature n'ayant donné à cet animal aucun organe, qui puiſſe nuire à ſes ennemis, il eſt réduit à ſe tenir ſur la défenſive; ſes trompes ou ſuçoirs qui l'avertiſſent & de la nouriture qui lui convient, & du danger qu'il court, ſont d'un ſentiment ſi délicat que, pour peu qu'on les touche, il ſe précipite ſubitement au fond du tube; c'eſt ce que j'ai ſouvent éprouvé ſur pluſieurs de ces animaux. Alors le corps ſe rétrécit de façon à n'occuper qu'un quart de la longueur du tube, & l'extrémité de la queue ſort de l'appendice d'environ la longueur d'un pouce; l'animal ſe trouve donc preſque entièrement ſous la pierre, à l'abri par conſéquent des animaux qui voudroient le dévorer, & de la drague des pêcheurs, qui ne pourroient emporter que la partie ſupérieure de ſon logement.

En introduiſant une éguille dans l'appendice, je forçai l'animal à ſortir de ſon tube. Il parut, comme il eſt repréſenté par la *Planche II*, *fig.* 1, compoſé d'anneaux charnus. Chaque anneau eſt garni des deux côtés de mammelons qui ſervent d'étuis à autant de pointes fort dures, qui ſortent & rentrent continuellement. Ces mammelons & ces pointes ſont les mêmes que ceux de la Scolopendre de mer, & de la grande eſpèce d'Étoile fort commune ſur nos côtes.

Le dos, qui eſt d'un brun foncé, eſt diviſé dans ſa longueur

par une ligne noire, qui commence au quatrième ou cinquième anneau au-deſſous du bourrelet, & qui vu à la coupe, n'eſt autre choſe qu'un enfoncement de la peau qui ſépare à droite & à gauche les élévations ou rugoſités de cette même peau. Ces rugoſités ont la forme de petits quarrés, dont chacun eſt terminé par un mammelon; elles ne ſe trouvent pas ſous le ventre, qui eſt d'un brun plus clair, & où l'on remarque plus aiſément la diviſion de chaque anneau, qui eſt recouvert en partie par le prolongement de la peau du mammelon, comme on le voit dans la *Planche III*, *fig.* 4.

Les pointes auxquelles les mammelons de notre Tubulaire ſervent d'étui, lui ſont néceſſaires pour ſe cramponner dans le tube, & s'y tenir dans une ſituation verticale quand il veut faire ſortir ſes trompes. Mais hors du tube, ces pointes ne peuvent lui communiquer aucun mouvement de progreſſion, comme je l'ai ſouvent éprouvé.

Ces pointes macérées dans l'eau, pendant 7 à 8 jours, ſe décomposèrent en une multitude d'autres pointes très-fines, & preſque imperceptibles, dont la réunion compoſoit auparavant un faiſceau ſolide & très-dur.

La tête dégarnie de ſes trompes (*Planche III*, *fig.* 3), eſt un bourrelet charnu *a*, *b*, dans le milieu duquel on voit une petite élévation percée d'un trou *c*, qui eſt la bouche de l'animal; elle n'eſt armée d'aucune ſubſtance oſſeuſe capable de trituration, comme dans les Ourſins & l'Étoile de mer.

Cette bouche eſt environnée d'un colet *d*, *f*, (*Planche III*, *fig.* 1), qui tient au bourrelet par deux oſſelets *g*, *k*, durs & arrondis par leur extrémité comme la tête d'une épingle. Ces oſſelets s'insèrent dans le bourrelet, mais ils y tiennent foiblement, puiſqu'ils s'en détachent pour peu qu'on laiſſe macérer l'animal dans de l'eau douce.

Le colet qui eſt un cartilage mince, dur, & d'une couleur

jaunâtre, eſt diviſé en deux parties; il eſt ſimplement échancré en *g*, qui eſt le côté qui répond au dos, & entièrement diviſé en *h*, côté qui répond au ventre. Ce qui donne à l'animal la faculté de dilater ou de reſſerrer ſon collet, en doublant plus ou moins les deux parties l'une ſur l'autre; par ce mécaniſme, il en proportione l'ouverture à la groſſeur de la proie dont les trompes ſe ſont emparées, il la reſſerre, l'empêche de s'évader, la ſuce ou la fait entrer dans l'œſophage.

Ce collet ſe diviſe en une multitude de trompes ou ſuçoirs, qui prennent la figure d'un pinceau, lorſque l'animal reſſerre ce collet, & qui s'épanouiſſent ou ſe diviſent en deux faiſceaux *cd*, *ef*, lorſque le collet ſe relâche. (Voyez la *Planche III*, *fig.* 1.)

Les trompes ſont parfaitement ſemblables à celle de l'ortie de mer (*urtica cinerea*). Elles n'en diffèrent que par la groſſeur, & qu'en ce que celles de l'ortie ſont ſimples, au lieu que celles de notre animal ſont compoſées d'une frange qui règne tout le long de chaque trompe principale. J'arrachai quatre trompes, *ab*, *cd*, *cg*, *fg*, (*Pl. III*, *fig.* 2), pour les mettre au microſcope, & je vis que cette frange n'eſt elle-même qu'une multitude de petites trompes dont le nombre eſt ſi grand que j'aurois eu bien de la peine à les compter. On conçoit qu'un inſecte engagé dans une pareille chevelure auroit certainement bien de la peine à s'en débarraſſer.

De diſtance en diſtance, & par intervalles égaux, ces petites trompes ſont d'un beau pourpre, quelquefois de couleur violette, & ſouvent d'une couleur uniforme. Quand elles ſont épanouies dans une mer calme, elles préſentent comme je l'ai dit, le ſpectacle agréable d'une fleur panachée, portée par une belle tige ornée de feuilles, & ſi l'on n'employoit que le ſens de la vue pour conſtater la réalité de l'image, on y ſeroit certainement trompé. Cependant il n'y a

de

a de végétal ici que les feuilles de cette plante apparente, encore ne ſont-elles pas toutes dans ce cas, il faut en excepter le grand nombre de corallines qu'on trouve ſur cette tige, & qui ſont des logemens d'animaux, comme *M. Ellis* l'a prouvé dans les *Tranſactions philoſophiques de* 1755.

En ouvrant le ventre de l'animal, par une inciſion longitudinale, on voit les inteſtins contournés en ſpirale, & qui occupent toute ſa longueur. Comme les pas de cette ſpirale ſont fort courts, les inteſtins ont la forme d'un chapelet, dont chaque grain eſt moitié noir & moitié blanc. Mais ces inteſtins ſont-ils, comme dans la plupart des autres animaux, des organes eſſentiels à la vie? C'eſt ce dont il y a tout lieu de douter, après le fait dont j'ai été témoin: parmi les tubes que j'avois apportés, j'en trouvai un où il n'y avoit que la moitié de l'animal; la moitié la plus eſſentielle manquoit, la tête & les trompes. Cette moitié vécut parmi les *Fucus* humides autant que les autres Tubulaires, je l'avois remiſe dans ſon tube, & au moindre tact, elle avoit le mouvement auſſi prompt que ſi l'animal eût été entier.

Parmi ces mêmes *Fucus* deſtinés à cōnſerver mes animaux, je trouvai la moitié d'une Scolopendre de mer parfaitement ſemblable à celle qui eſt deſſinée dans l'ouvrage françois de *Rondelet*. Cet animal étoit plus applati que notre Tubulaire, il paroiſſoit avoir été de la même longueur; il étoit garni de mammelons dont chacun fourniſſoit deux pointes; mais je ne lui trouvai point d'inteſtins. Son corps, dont il ne me reſtoit que la partie inférieure, étoit compoſé d'entroques, ou eſpèces de vertèbres de la même forme que ceux de l'Étoile de mer, marquée dans *Rumphius* ſous le nom d'*Aſterias Scolopendroides ſpinoſa*, & qui eſt fort commune ſur la côte occidentale de Bretagne. Cette Étoile a un mouvement très-rapide, mais rien n'eſt plus fragile, on ne peut preſque pas la toucher ſans la rompre; la même choſe m'arriva pour la Scolopendre, une moitié de celle que je poſſédois, ce qui faiſoit le quart de l'animal, me reſta dans la

main, tandis que l'autre ſe ſauvoit. Ces deux moitiés vécurent près de huit jours parmi les *Fucus;* au bout de ce tems, je rompis encore ces deux moitiés, le mouvement ſe ralentit alors, & ces huitièmes d'animaux moururent en peu de tems.

Cette propriété, comme on le ſait, caractériſe ſpécialement les polypes; mais il m'a paru qu'elle eſt plus ou moins étendue, ſuivant que l'organiſation de l'animal approche plus ou moins de celle du parfait polype; c'eſt-à-dire, de celui qui, coupé par des ſections en tout ſens, donne autant d'animaux que de parties. Je n'en connois encore que deux de cette eſpèce, celui d'eau douce de *M. de Trembley*, & celui de mer gravé à la tête de l'excellente Diſſertation du Docteur *Parſons* ſur cette matière.

Mes Tubulaires qui, par leurs anneaux charnus, & la forme de leurs inteſtins, approchent davantage de l'organiſation des vers de terre, partagés en deux, vécurent parmi les *Fucus* autant que l'animal entier; mais leur mouvement & leur vie ceſſa lorſque je les eus partagés en quatre. La Scolopendre qui, par la forme de ſes vertèbres, foiblement joints les uns aux autres, approche plus de l'organiſation des Étoiles de mer, ſouffre auſſi un plus grand nombre de diviſions, mais elle a ſes bornes comme on vient de le voir. La ſixième eſpèce d'Ortie de mer, deſſinée par *Rondelet*, pag. 384, & qui eſt fort commune ſur la côte méridionale de Bretagne, ſouffre des diviſions dont je ne pus connoître le terme. Une portion de cet animal que M. le Comte de la *Bourdonnaye*, Syndic des États de Bretagne, & moi, trouvâmes ſur les bords de la mer en 1761, attira notre attention : ce fragment d'Ortie, qui étoit une gelée dure, blanche, & tranſparente, nous parut évidemment par ſes découpures, être une portion de l'Ortie dont nous avions ſouvent trouvé des morceaux plus conſidérables ſur le rivage. Notre fragment nageoit dans la mer, & ſon mouvement étoit ſemblable à

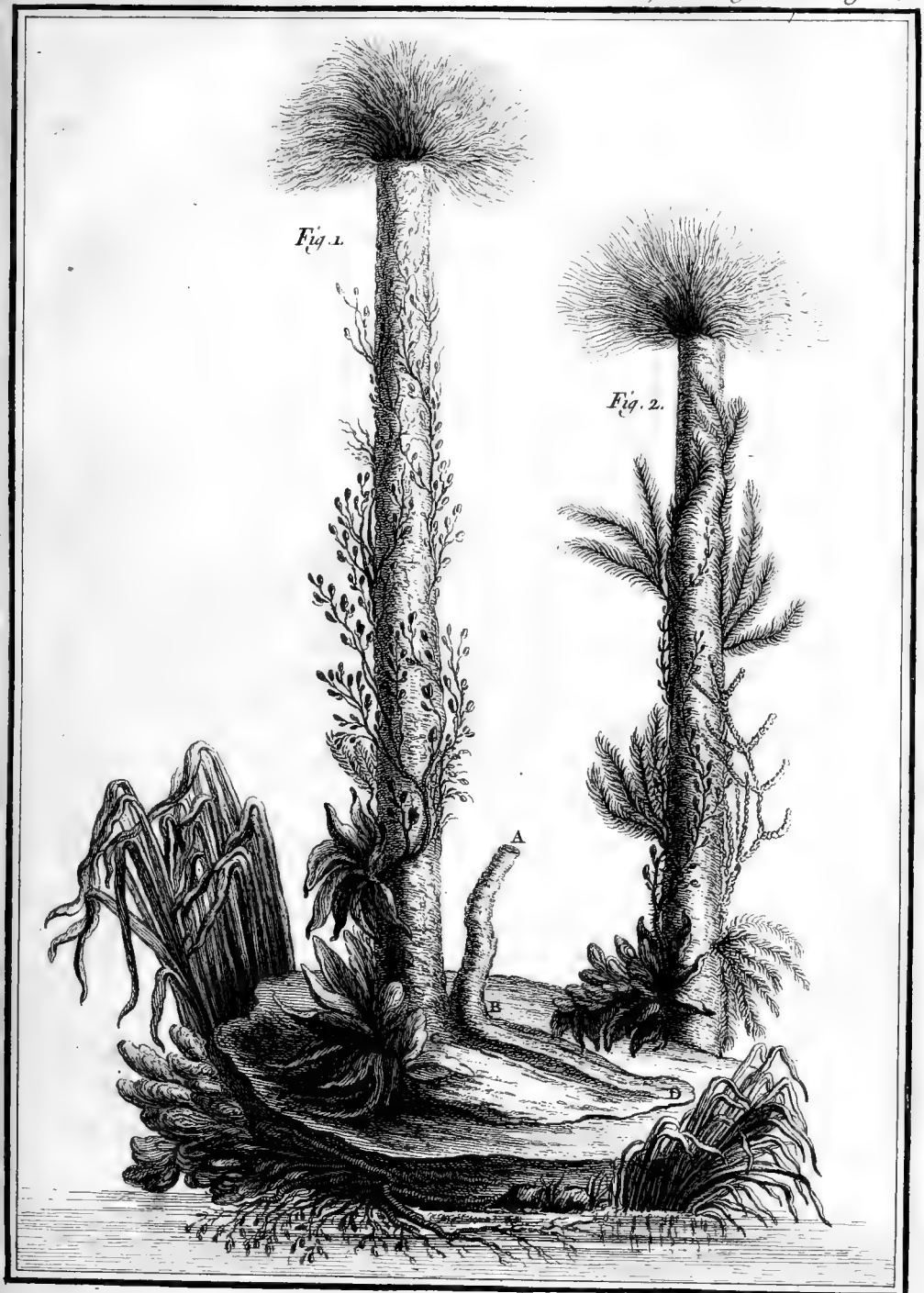
celui d'un poulmon qui ſe dilate & ſe contracte ſucceſſivement; je ne pus appercevoir à la loupe aucune organiſation bien caractériſée; c'étoit une maſſe ſolide d'une égale tranſparence; je la diviſai à pluſieurs repriſes en tant de parties que chacune n'excédoit pas quatre lignes en tout ſens, & toutes continuerent à nager, chacune ayant le même mouvement qu'avoit auparavant le fragment principal dont je les avois détachées. Mais il s'agiroit de ſavoir ſi chacune de ces parties, ainſi que celles de la Scolopendre & de notre Tubulaire, deviennent dans la ſuite des animaux complets; c'eſt ce que le tems ne m'a pas permis de conſtater.

La conſtruction du tube, qui ſert de logement à notre animal, ne mérite pas moins d'attention. Il eſt compoſé de trois enveloppes qu'on ſépare aiſément pendant que le tout eſt humide : les deux premières enveloppes intérieures les plus voiſines de l'animal, ſont une eſpèce de cartilage très-mince, blanc, tranſparent, flexible, qui a la conſiſtance du cuir, & qu'on ne pourroit mieux comparer qu'à ces feuilles de corne très-minces qui ſervent aux lanternes. La troiſième enveloppe, qui eſt de même nature que les précédentes, eſt tapiſſée à l'extérieur de cette mouſſe verdâtre qui flotte ſur les eaux. C'eſt ſur cette enveloppe que croiſſent des Fucus, des Corallines, des Fougères de mer, différentes eſpèces de mouſſes, & ſouvent même des animaux tels que les *Holothuries*, & les *Oſcabriones*.

Ce tube qui, dans la mer, eſt flexible & élaſtique, devient très-caſſant & très-fragile dès qu'il eſt ſec. Il reprend ſa conſiſtance & ſa flexibilité quand on le fait tremper quelque tems dans l'eau. La ſubſtance dont il eſt compoſé, eſt indiſſoluble dans les acides; ces menſtrues n'agiſſent que ſur les matières dont l'enveloppe extérieure eſt tapiſſée, qui, pour la plupart, ſont des matières calcaires.

Il paroît, par tout ce que nous venons d'expoſer, que cet animal a beaucoup de rapport avec ceux que *M. Ellis* a

découvert dans les Corallines, & que celui-ci eſt en grand ce que les autres ſont en petits; mais cette affinité me paroît encore plus marquée avec la grande Coralline de Malte que cet Auteur nomme *Corallina Tubularia Melitenſis, cum Scolopendris ſuis, tentaculis duobus duplicato-pinnatis, inſtructa.* Comme cette Coralline, ſuivant ce qu'en dit *M. Ellis*, & ſuivant la figure qu'il en donne, habite un tube dont le diamètre va toujours en augmentant, je ne la crois pas de même eſpèce que celle dont je viens de donner la Deſcription.



El^th Haussard Sculp.

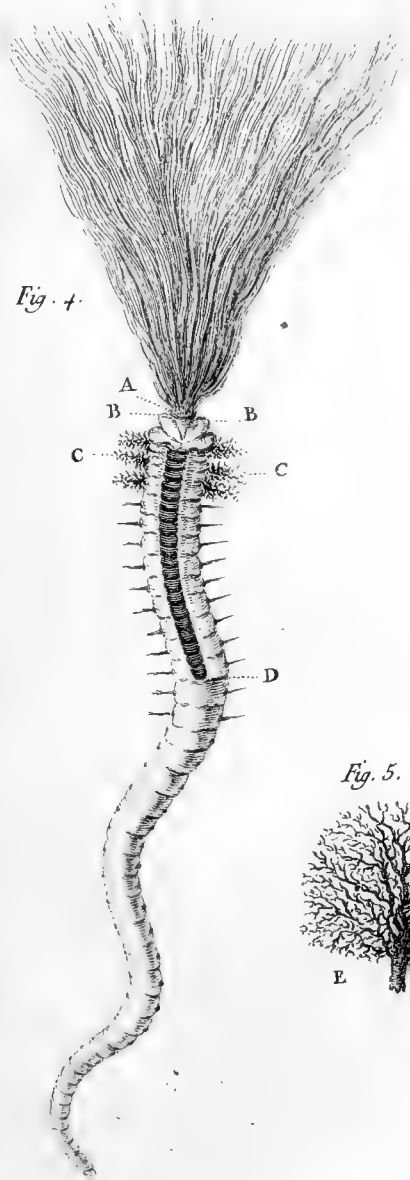


Fig. 4.

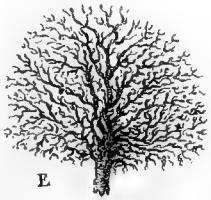


Fig. 5.

Fig. 4.

Eth. Haussard Sculp.

Fig. 1.

Fig. 3.

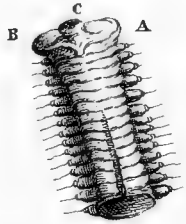


Fig. 2.

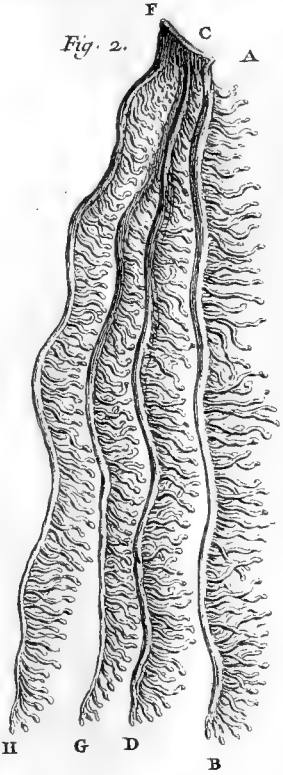


Fig. 4

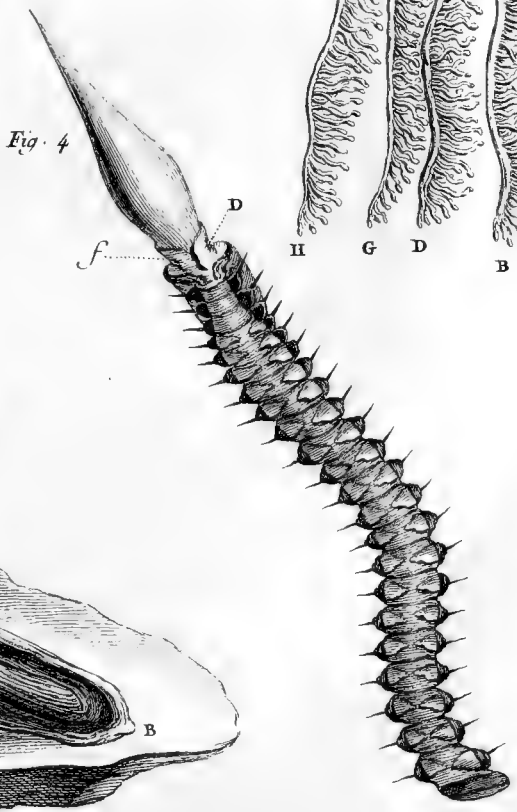
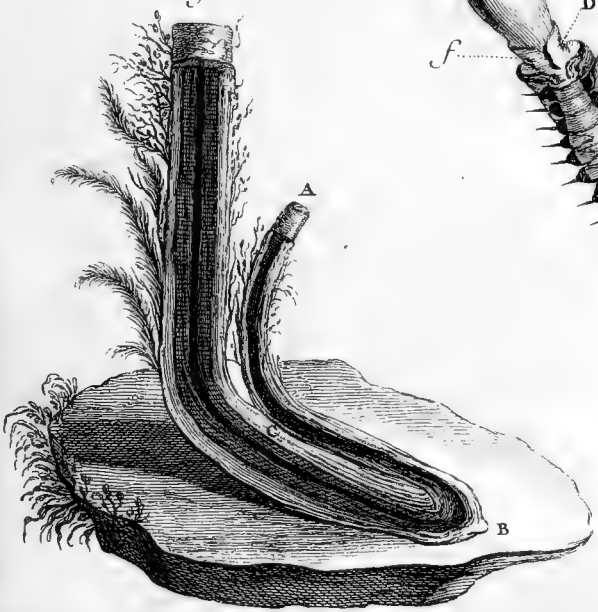


Fig. 5



El.th Haussard Sculp.

OBSERVATIONS

Sur les caractères ſpécifiques qui diſtinguent le TUBULAIRE DE L'OCÉAN *à tube élaſtique & cartilagineux, de ſon analogue dans la Méditerranée, décrit par M.* ELLIS.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

Correſpondant de l'Académie, & Membre de la Société Royale de Londres.

Préſentées le 4 Juillet 1767.

LORSQUE j'eus l'honneur de communiquer à l'Académie mes obſervations ſur le Tubulaire de l'Océan analogue à celui de la Méditerranée, je citai les deux Auteurs qui ont parlé de ce dernier, *Rondelet* & *M. Ellis* : je citai la Deſcription entière de *Rondelet*, qui ne laiſſe à l'eſprit aucun trait capable de caractériſer l'animal qu'il a voulu décrire.

M. *Ellis*, dans les *Tranſactions philoſophiques*, décrit plus exactement un Tubulaire analogue au mien ; mais, comme je remarquai dans ſa Deſcription des caractères qui ne convenoient nullement au grand Tubulaire de l'Océan, je crus devoir le faire connoître plus particulièrement.

Les obſervations faites ſur mon Mémoire, par de ſavans Naturaliſtes, ont ſemblé confondre entièrement l'animal que je décrivois, avec celui de *M. Ellis*, & ne l'ont fait différer que par la grandeur & par l'âge. Comme ils ont jugé par l'analogie, qui eſt en effet en leur faveur, j'ai répété mes obſervations, ſuivant les deſirs de l'Académie, & je n'ai rien négligé pour acquérir toute la certitude qu'on eſt en droit d'exiger dans les faits, ſur-tout lorſque l'analogie peut les faire enviſager comme douteux.

Depuis l'impreſſion du Mémoire de M. *Ellis*, dans les *Tranſactions philoſophiques*, il a paru de cet habile Obſervateur un ouvrage beaucoup plus étendu ſur les Corallines, où la Deſcription du Tubulaire de Malte eſt auſſi beaucoup plus détaillée ; c'eſt à cette Deſcription que j'aurai recours dans l'examen, & la comparaiſon des faits que je vais expoſer.

Mon intention n'eſt pas de faire voir qu'on s'eſt trompé dans les réflexions faites ſur mon Mémoire, elles ſe préſentent naturellement à l'eſprit, & quand on n'aime que la vérité, on ne doit que de la reconnoiſſance à ceux qui veulent bien nous faire part de leurs lumières & de leurs doutes.

Le Tubulaire de *M. Ellis* & le mien, paroiſſent ſe rapprocher par des propriétés communes ; mais ils s'éloignent auſſi par des différences eſſentielles & bien marquées. Je vais expoſer les unes & les autres.

Tubulaire de Malte.

1.er Caractère. LE PREMIER caractère que *M. Ellis* donne à ce Tubulaire, c'eſt de vivre en famille : ils ſont grouppés les uns ſur les autres : les extrémités de leurs tubes étant inférées dans une eſpèce de ſac ou de poche commune à ces Tubulaires. *Lorſque j'eus tiré*, dit M. *Ellis*, *les tubes & les animaux de cette coralline hors de l'eſprit-de-vin, dans lequel ils avoient été conſervés, j'y découvris un petit ſac glaireux dans lequel les baſes & les racines de pluſieurs de ces tubes étoient inſérées.*

Tubulaire de l'Océan.

CEUX-CI ne vivent jamais en famille, il eſt même aſſez rare d'en trouver deux ſur la même pierre, & dans ce cas ils ſont éloignés l'un de l'autre. Le tuyau eſt applati dans l'endroit où il eſt collé à la pierre, & je me ſuis aſſuré que cet applatiſſement ne vient pas de la peſanteur de la pierre qui les comprime, car j'ai trouvé de ces Tubulaires collés

contre les surfaces latérales des pierres, & contre des fucus où rien ne les comprimoit, & l'applatissement de base étoit la même.

Tubulaire de Malte.

Le second caractère des Tubulaires de *M. Ellis*, consiste dans la forme du tuyau. Il augmente en diamètre d'une manière si sensible qu'il présente la figure d'un entonnoir fort alongé, comme on le voit par la figure qu'il en donne. *Ces tubes*, dit-il, *qui sont faits par les animaux qui y sont renfermés, augmentent en diamètre par degrés à mesure qu'ils croissent en hauteur.* 2.d Caractère.

Tubulaire de l'Océan.

Le tube est exactement cylindrique depuis l'endroit où il adhère à la pierre; c'est-à-dire, depuis sa base jusqu'à l'extrémité supérieure. Cette base est applatie, comme je l'ai dit plus haut, & est formée d'un cartilage plus dur & plus épais que le reste du tuyau. Ainsi, le Tubulaire de M. *Ellis*, quoique cartilagineux comme celui de l'Océan, présente une forme essentiellement différente.

Tubulaire de Malte.

Par la figure que donne *M. Ellis* (*Planche* 34,) les bases & les racines de ces Tubulaires se terminent en pointes insérées dans un petit sac glaireux commun à plusieurs de ces Tubulaires; & ces pointes sont fermées, suivant les observations faites sur mon Mémoire. 3.me Caractère.

« La seule différence, disent ces observations indiquées » par *M. Mazeas*, consiste en ce que le tube du pinceau » des côtes de Bretagne étoit replié sur le rocher qui le » portoit de façon que sa pointe, qui étoit ouverte, remon- » toit verticalement en haut comme le gros bout du tube

» qui étoit au moins quatre fois plus long que cet appen-
» dice. Mais cette particularité, qui nous paroît totalement
» accidentelle, ainſi que la compreſſion du tube en cet en-
» droit de ſa courbure, qui eſt dûe à la ſituation & au rétré-
» ciſſement des fentes des rochers, qui ont forcé le tube à
» s'applatir, & à ſe replier ſuivant leur direction, & l'ouver-
» ture inférieure, qui n'eſt viſiblement dûe qu'à ce que le
» tube a été coupé ou déchiré par accident à cette extré-
» mité, n'établiſſent pas une différence réelle entre ce pin-
» ceau & celui de M. *Ellis;* d'autant plus que M. *Mazeas*
» ne dit pas que tous les dix tubes qu'il a pechés, aient
» été dans ce cas; ce que l'analogie ſemble nous démon-
» trer comme fortuit par la Nature, la façon de vivre,
» & enfin par la ſtructure & les proportions ſi différentes
» du corps de l'animal. »

Tubulaire de l'Océan.

L'OBSERVATION précédente nous préſente trois objets eſſentiels, qu'il eſt important de vérifier: 1.° la figure de l'appendice replié ſur le tuyau : 2.° l'applatiſſement de la baſe : 3.° l'ouverture de l'appendice; le tout comme fortuit & accidentel.

Tous les tubes, qui m'ont paſſé par les mains, ſe ſont trouvés dans le cas énoncé par mon Mémoire. Voici maintenant les preuves que ces propriétés ne ſont pas accidentelles.

1.° Le repliement de l'appendice ſur le gros tuyau: cette courbure eſt faite de façon que le cartilage de la baſe & celui de l'appendice, ſont noyés & confondus l'un dans l'autre, dans l'intervalle où ils ſe touchent, qui eſt d'environ 3 à 4 lignes plus ou moins, ſuivant la groſſeur du tube, & cette propriété ayant lieu dans tous les Tubulaires, même ceux qui ſont collés contre les ſurfaces latérales des pierres où rien ne les comprime, il eſt évident que ce cas n'eſt nullement accidentel; mais que c'eſt la forme primitive & eſſentielle du Tubulaires.

2.° L'applatiſſement

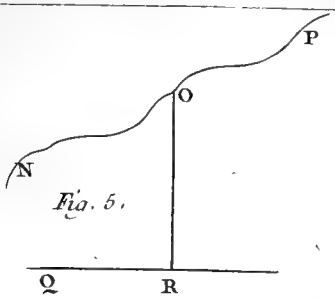


Fig. 5.

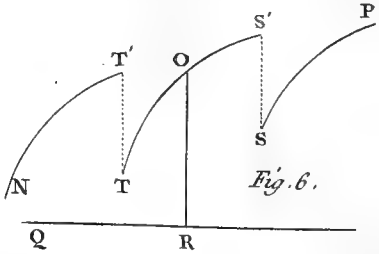
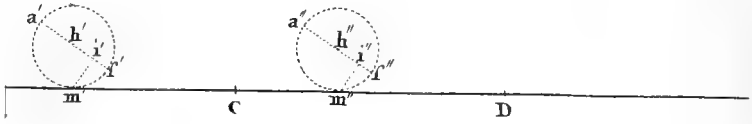


Fig. 6.



7.

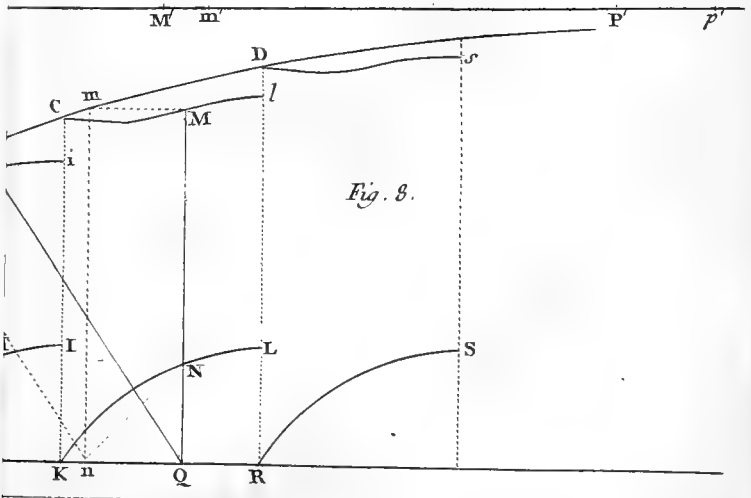
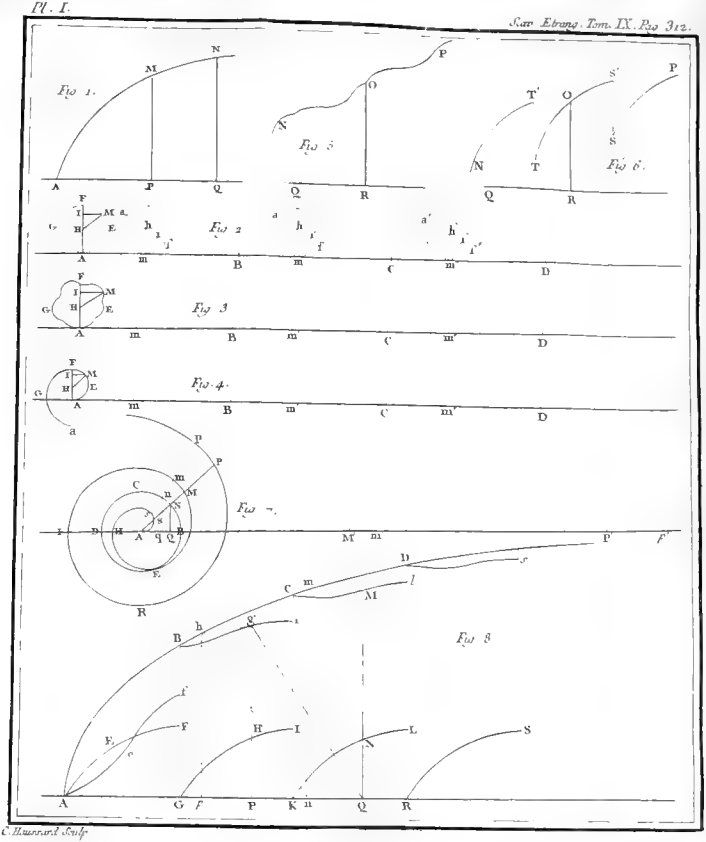


Fig. 8.

Pl. I.

Sav. Etrang. Tom. IX. Pag. 312.



11.

12.

7. 13.

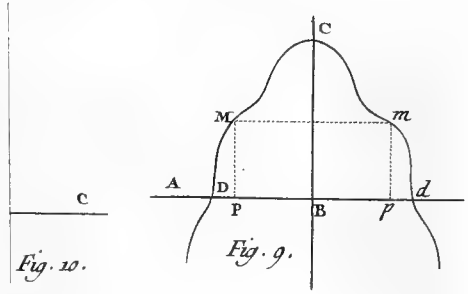


Fig. 9.

Fig. 10.

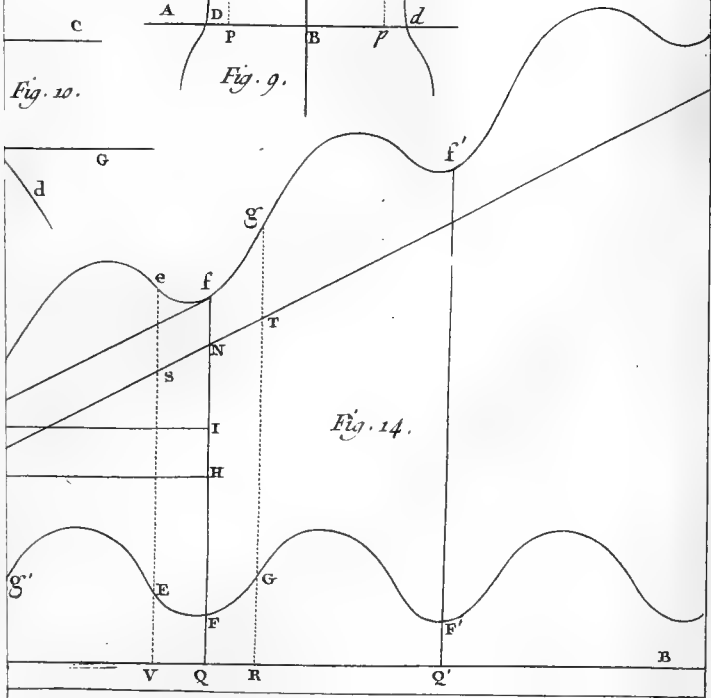
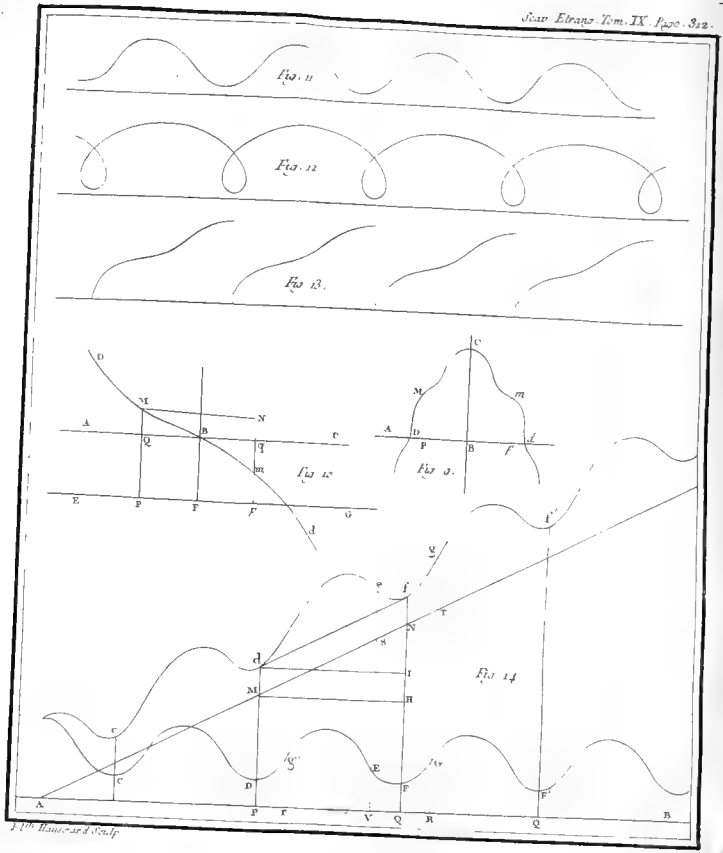


Fig. 14.

Sçav. Etrang. Tom. IX. Page. 322.



J. Ph. Baucquard Sculp.

2.° L'applatiſſement de la baſe eſt dans le même cas; cette baſe eſt toute auſſi applatie, lorſqu'elle eſt adhérente à des ſurfaces latérales, que dans le cas où elle ſe trouve comprimée ſous des pierres: il eſt à remarquer que je n'ai jamais trouvé de ces Tubulaires dans les fentes des rochers, mais toujours attachés à des pierres au fond de la Mer, d'une groſſeur telle qu'un homme peut aiſément les porter.

3.° Il reſtoit à m'aſſurer ſi l'ouverture de l'appendice, qui prend naiſſance à la baſe du Tubulaire, étoit dûe à un déchirement fortuit, ou à quelqu'autre accident.

Dans les grandes marées, qui ont précédé & ſuivi l'Equinoxe du printems de cette année 1767, lorſque la Mer étoit la plus baſſe, & dans l'inſtant que les Tubulaires n'étoient couverts que de deux ou trois pieds d'eau, des Pêcheurs ont apporté ſur le rivage les groſſes pierres auxquelles adhéroient les animaux que je leur avois indiqués. Nous en avons eu par ce moyen de différens âges & de différentes groſſeurs.

Je pris des témoins éclairés, & ayant poſé ces pierres dans une ſituation telle, que le tube ſe trouvoit renverſé de haut en bas, l'animal en eſt ſorti peu-à-peu, & enfin eſt tombé ſur le linge étendu pour le recevoir. Alors nous avons examiné à la loupe l'extrémité ſupérieure des petites appendices des jeunes tubulaires, & nous l'avons trouvée ouverte. Cette ouverture étoit ſi ſenſible dans les appendices des gros tubes, que nous n'eûmes pas beſoin de loupes pour les appercevoir, & pour être certain qu'il n'y avoit ſigne de déchirement.

Enſuite nous nous ſommes aſſurés de la communication de l'appendice avec le gros tube, en adaptant un entonnoir à l'orifice ſupérieur de ce gros tube: l'eau eſt ſortie ſur-le-champ en forme de jet par l'ouverture de l'appendice. Ces expériences répétées à différentes repriſes ſur le grand nombre de Tubulaires qui nous ont paſſé ſous les yeux, n'ont offert aucune exception.

Après les observations que je viens d'exposer, j'aurois bien voulu pouvoir constater, avec la même exactitude, les différences des animaux qui habitent ces tubes; mais M. Ellis n'est entré dans aucun détail sur leurs organes, & il ne le pouvoit pas sans les dégrader & les rendre en fort mauvais état à ceux qui les lui avoient prêtés.

Il est seulement à remarquer, qu'en raisonnant d'après les figures de M. Ellis, les trompes de l'animal sont attachées le long de deux bras fort étendus, & que ces trompes vont en diminuant à proportion qu'elles partent d'un endroit du bras plus éloigné de la tête. Dans le Tubulaire de l'Océan, au contraire, ces trompes partent d'un collier circulaire & membraneux, qui entoure la bouche de l'animal, & qui est attaché à la tête qu'il couronne, par deux osselets qu'on découvre en faisant macérer l'animal dans l'eau douce. Dans le Tubulaire de l'Océan, toutes les trompes sont d'une grandeur égale. Dans l'Océan & la Méditerranée, chaque trompe principale est garnie dans sa longueur d'une frange de petites trompes qu'on n'apperçoit qu'à la loupe, & cette propriété a pareillement lieu dans les Tubulaires testacés qu'on trouve sur nos huîtres.

Les trompes ont de longueur un sixième environ de la longueur de l'animal; leur nombre ne peut se compter avec exactitude, parce qu'ils se résolvent en glaires, comme les trompes des orties marines. Les mammelons dont l'animal est bordé de chaque côté, diminuent en grosseur vers la queue; & quoiqu'il soit alors très-difficile de les distinguer, j'en ai toujours compté plus de 160 de chaque côté.

Les rugosités qu'on remarque, à la loupe, sur le dos de l'animal, & les mammelons d'où partent les faisceaux des pointes, n'étant bien exprimés, ni dans la description, ni dans la la gravure de M. Ellis, je ne puis prononcer, ni sur la ressemblance, ni sur la dissimilitude des deux animaux à cet égard.

Il réſulte des faits que je viens d'expoſer, que le Tubulaire de l'Océan & celui de la Méditerranée, ont des caractères bien marqués, qui les feroient prendre pour les mêmes animaux, & d'autres caractères très oppoſés qui ſembleroient devoir en faire des eſpèces différentes.

Les animaux dont je viens de parler, ne ſont pas les ſeuls dans ce cas. Pendant que je les examinois, je vis ſur la même pierre une eſpèce de Fucus à feuilles, ſemblables à celles du petit *Sedum ;* ce Fucus étoit rempli d'un inſecte, qui marchoit à la manière des chenilles arpenteuſes. Pour ne pas interrompre mes obſervations, je priai M. de Queronic, ancien Conſeiller au Parlement de Bretagne, & très-verſé dans l'Hiſtoire naturelle, de vouloir bien l'examiner & le deſſiner. J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les obſervations qu'il en a faites, que j'ai vérifiées après lui, ainſi qu'il a bien voulu vérifier les miennes. On trouvera dans cette Deſcription, les traits de reſſemblance les plus marqués, avec l'inſecte que M. le Commandeur de Godeheu trouva à deux lieues au large de Ceylan, mais auſſi d'autres caractères qui l'en font différer; & l'on verra, ſans doute avec plaiſir, un animal que l'on ne connoiſſoit point encore dans nos climats.

En général, la Nature eſt ſi variée dans les productions d'une même claſſe, que le plus difficile n'eſt pas de les compter & de les obſerver, mais de ſaiſir les nuances caractériſtiques qui doivent réunir ou ſéparer les eſpèces.

Dans ces ſortes de cas, j'avoue que l'analogie eſt d'un grand ſecours, & peut nous guider dans nos jugemens; mais employée avec trop de confiance, elle peut être une ſource d'erreurs. Elle trompa le célèbre Swammerdam, lorſqu'il voulut prononcer ſur l'uſage des pointes ou poils roides, qui ſortent des mammelons du *Phyſalus.*

Cet inſecte lui avoit été donné par Oligerus Jacobeus, qui ſoutenoit que les organes en queſtion faiſoient la fonction de

pieds. Swammerdam, qui n'avoit pas vu l'animal vivant, & uniquement fondé sur l'analogie, nia le fait. M. Hill, dans les notes qu'il a jointes à l'Edition Angloise de Swammerdam, soutint aussi le même sentiment * : cependant le fait est directement contraire. Nous prîmes, l'an passé, dans la rade du Croisic, une très-grande quantité de *Physalus ;* au sortir des filets, nous les mîmes dans un grand baquet plein d'eau de Mer. M. le Comte de la Bourdonnaye, Procureur-Général, Syndic des Etats de Bretagne, M. de Pontneuf, ancien Maire du Croisic, & moi, les vîmes marcher au fond du baquet avec beaucoup de rapidité, à l'aide de leurs pattes mises en mouvement par les mammelons. La mécanique de ce mouvement progressif étoit bien différente de l'action de nager, puisque les pointes ou poils roides qui sortoient des mammelons, portoient toujours sur le fond du baquet, & que nous ne vîmes jamais l'animal se suspendre dans l'eau.

Quant à l'espèce de Scolopendre, dont j'ai dit un mot en passant, & que les observations sur mon Mémoire regardent comme un rayon de l'étoile épineuse scolopendroïde de Côtes de Bretagne, figurée par Barrelier, j'adopte très-volontiers ce sentiment. Je n'ai pu retrouver le même animal, quelque recherche que j'aie faite, & quoique ce rayon fût très-long, il est néanmoins si semblable à celui de Barrelier, qu'on doit le regarder comme identique, tant que les faits ne prouveront pas le contraire.

Après avoir établi les différences qui caractérisent le Tubulaire de l'Océan, & celui de l'Isle de Malte, je laisse aux Naturalistes à prononcer sur l'identité ou la diversité des espèces; je n'adopte aucune opinion, aucun système à ce sujet, je ne dois garantir que les faits.

---

* *These are not legs, nor intended for its office : they approach more to the Nature of arms, with hand or fingers, and are proberly* tentacula *of the creature. Their use is in finding or securing the creature's prey.* Hills Observations on Swammerdam.

OBSERVATIONS

Sur la variété des Tubulaires de la classe des pinceaux de Mer, & la mécanique que ces animaux emploient dans la construction de leurs tubes.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

De la Société Royale de Londres, & Correspondant de l'Académie.

Présentées le 19 Mars 1768.

J'AI FAIT VOIR, dans mon dernier Mémoire, les caractères spécifiques, qui distinguent le Tubulaire de Malte décrit par M. *Ellis*, du grand Tubulaire que j'ai trouvé dans l'Océan; mais ces deux espèces ne sont pas les seules de la classe des Pinceaux de mer, & il me reste à faire voir les dégradations de nuances que la Nature met dans ses ouvrages en ce genre.

Pendant les grandes marées de l'Équinoxe d'Automne de cette année 1767, je parcourus la partie de la côte du Morbihan, qui est exposée à l'Est. Immédiatement au-dessous du Fort qui défend l'entrée du goulet de Lomariaker, deux espèces de Tubulaire fixèrent mes regards; le premier, qui étoit élastique & cartilagineux, me parut semblable à celui que j'ai décrit dans mon premier Mémoire; le second étoit à simple membrane très-mince & très-molle, revêtue de sable & de petits cailloux.

Je passai d'abord le premier sans l'examiner, lorsque trouvant plusieurs autres de mêmes espèces, les voyant pour la première fois dans le sable, & placés dans des endroits que la mer découvre à toutes les marées, je résolus de les examiner: j'en enlevai un d'un coup de pelle, & je trouvai que la moitié

Planche I.re *fig.* 1.

ſeulement du tube, la partie hors du ſable, *(a b)* étoit d'une ſubſtance élaſtique & cartilagineuſe, & que la ſeconde moitié *(b c)* enfoncée dans le ſable, ſans adhérence à aucune pierre, étoit une ſimple membrane très-molle, ſans conſiſtance, ſans élaſticité, garnie de ſable & de *detritus* de coquillage.

Je déchirai cette membrane, & je forçai l'animal à ſortir par l'orifice ſupérieur; il avoit la même configuration que celui qui habite les grands tubes que j'ai eu l'honneur d'envoyer à l'Académie: toute la différence, c'eſt que l'animal actuel eſt beaucoup plus petit, relativement à la longueur de ſon tube, & que le nombre des trompes eſt auſſi moins conſidérables; car, en les partageant par l'endroit où le collier eſt échancré, on en compte vingt d'un côté, vingt-deux à vingt-trois de l'autre, ce qui ne va guères qu'à la moitié du nombre des trompes du grand Tubulaire; du reſte tout eſt exactement ſemblable.

La différence la plus ſenſible eſt du côté des tubes. Les longueurs ſont égales dans les deux eſpèces, mais les diamètres inégaux; les uns & les autres ſont cylindriques, ou d'une largeur uniforme dans toute leur étendue; mais celui qui habite le ſable eſt compoſé de deux moitiés, qui ſont l'une à l'égard de l'autre, ce qu'eſt une légère membrane à un cartilage: de plus, il n'a point d'appendice ou crochet, ni aucune ouverture à ſon extrémité inférieure; enfin il n'eſt adhérent à aucune pierre ou rocher, mais ſimplement enfoncé dans le rivage, revêtu de ſable dans ſa partie molle, de Fucus & de conſerva dans ſa partie cartilagineuſe.

Cette différence des tubes joints à celle que j'ai indiquée dans les animaux, fait voir que ce nouveau Tubulaire eſt une eſpèce ſéparée de celui qui a été l'objet de mon premier Mémoire.

Il eſt vrai que la reſſemblance des deux vers, pourroit faire regarder celui dont je parle aujourd'hui comme une-

production de l'autre; c'eſt la première idée qui ſe préſente, mais elle ne tarde pas à ſe diſſiper en réfléchiſſant ſur les différences que j'ai détaillées, & en faiſant attention qu'on trouve toujours dans le voiſinage des grands Tubulaires ceux à qui ils ont donné naiſſance, adhérens comme eux à de groſſes pierres, & dans des lieux couverts par la mer dans les plus baſſes marées.

Il ſuit delà que le genre des Tubulaires eſt dans le cas de beaucoup d'autres productions de la Nature; qu'il a dans ſes eſpèces des traits de reſſemblance noyés, pour ainſi dire, dans ceux qui les diſtinguent; que, dans ces êtres qui peuplent la mer & nos rivages, une nuance imperceptible, ſouvent difficile à ſaiſir, forme tout le paſſage d'une eſpèce à l'autre. La ſuite de mes obſervations, confirmera encore cette vérité.

La longueur du plus grand de ces animaux en vie étoit de trois pouces & demi, ſans y comprendre les trompes; la longueur des trompes d'un pouce; la longueur du tube hors du ſable de ſix pouces; la partie molle enfoncée dans le ſable de quatre pouces & demi à cinq pouces; elle ſe raccourcit un peu en ſe deſſéchant.

Pour caractériſer cet animal par ſon tube, je lui donne le nom de *Corallina Tubularia littoralis tubo partim elaſtico & cartilaginoſo, partim membranaceo molli, arenoſo.*

Tubulaire moitié cartilagineux, moitié membranacée. Il eſt du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer à l'Académie conſervés dans l'eſprit-de-vin; il eſt repréſenté par la figure première, & contenu dans le flacon *A*; la partie inférieure du tube a été offenſée.

Je préſente encore un animal, qui ne diffère que très-peu de ceux que j'ai décrits juſqu'à préſent, mais dont le tube eſt eſſentiellement différent.

Il eſt, comme le dernier, du nombre de ceux qui habitent les côtes ſablonneuſes de la pleine mer, & qui reſtent à découvert dans l'intervalle d'une marée à l'autre; ſon tube ne s'élève hors du ſable qu'à la hauteur d'un pouce, ou un pouce & demi au plus; le reſte, qui ſouvent eſt de neuf à dix pouces, eſt caché ſous le rivage.

Il y a peu de Tubulaires auſſi-bien retranchés que celui-ci; il n'habite que les ſables qui boivent l'eau de la mer à une grande profondeur, & l'extrémité inférieure de ſon tube eſt toujours adhérent à une groſſe pierre enfoncée dans le rivage. Ce tube eſt une ſimple membrane très-mince & très-molle, à laquelle ſont collés des grains des ſable, du cailloutage, & du detritus de coquillages; en un mot, parfaitement ſemblable à la moitié ſablonneuſe du Tubulaire décrit ci-deſſus. L'extrémité ſupérieure de ſon tube, eſt bordée de filamens *B B, (fig. 3)*, qui, comme une eſpèce de frange, en décore l'orifice.

Dès que l'animal ſent qu'on l'attaque, il ſe retire au fond de ſa demeure, & en contractant ſes anneaux, ſe réduit au tiers environ de ſa longueur ordinaire; il ſe cache ainſi preſqu'entièrement ſous le rocher. Quand on creuſe le ſable, il arrive preſque toujours que le ſol venant à s'affaiſſer, le tube ſe rompt & la tranchée ſe rempliſſant d'eau, il n'eſt plus poſſible de retrouver l'animal.

Mes tentatives avoient été ſans ſuccès juſqu'à l'Équinoxe de cet Automne, que je me fis accompagner de trois hommes robuſtes & adroits. L'un faiſoit la tranchée, l'autre formoit ſur la pente du rivage des canaux propres à l'écoulement des eaux; &, pendant que je tenois le tube dans une ſituation verticale, un homme armé d'un lévier ſoulevoit le rocher.

Nous eûmes le tube en entier; ſon extrémité inférieure étoit ſans aucune ouverture, & colée au rocher de la longueur d'un pouce. Je l'en détachai avec précaution; je déchirai le

bas

bas du tube pour forcer l'animal par le moyen d'un fil d'archal à ſortir par l'autre orifice, & il tomba dans un vaſe plein d'eau de mer deſtiné à le recevoir.

Il a la configuration des Pinceaux de mer décrits juſqu'à préſent. Après l'avoir examiné long-temps, & avec attention, voici ce que j'ai remarqué de différent.

Les trompes comparées à la longueur du corps, ſont un peu plus petites que dans les Tubulaires que j'ai décrits juſqu'ici; elles ſont brunes, mouchetées de blanc, au-lieu que, dans les autres Pinceaux de mer, elles ſont brunes, mouchetées de pourpre. Chaque trompe principale eſt garnie dans toute ſa longueur de trompes ſecondaires comme dans les deux autres Tubulaires; mais ici les trompes ſecondaires ſont plus longues & plus fortes; la vue ſimple ſuffit pour les apercevoir; dans les autres, on ne les diſtingue qu'à la loupe. Le nombre des trompes principales eſt de quarante, vingt de chaque côté. Le collier ou eſpèce de couronne cartilagineuſe d'où naiſſent les trompes, eſt auſſi proportionnellement plus petit que dans les pinceaux précédens, & il adhère ſi foiblement à la tête, qu'il s'en ſépara lorſque l'animal tomba dans le vaſe plein d'eau de mer. Table I.ere *fig.* II.

Le reſte du corps, le bourrelet de la tête, la bouche, les anneaux, les mammelons, les pointes qui en ſortent, la couleur, les rugoſités de la peau, tout eſt exactement conforme au grand Tubulaire de l'Océan, & à celui par lequel j'ai commencé ce Mémoire.

La longueur de l'animal, avant de mourir, étoit d'environ trois pouces; la longueur des trompes de cinq à ſix lignes; la longueur du tube de neuf pouces & quelques lignes; la longueur des filamens, qui couronnent l'orifice du tube, de quatre à cinq lignes.

Pour le caractériſer par ſon tube, je lui donne le nom

de *Corallina Tubularia littoralis, tubo membranaceo, molli, arenoso, fimbriato, saxis sub arenâ delilescentibus adhærente.*

Tubulaire à tube panaché d'une simple frange.

Il n'est pas du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer actuellement à l'Académie, parce qu'étant le seul que j'ai pu saisir, il a été fort maltraité pendant l'observation; je compte en envoyer de mieux conservés. Il est représenté à côté de son tube dans la *figure* 2, *Table premiere.*

Nous venons de voir des animaux semblables habiter des tubes différens, & nous allons voir les animaux différens habiter des tubes presque semblables.

Le jour qui suivit les observations que je viens de rapporter, je voulus aller à l'Isle de *Méaban*, située en pleine mer, à une lieue & demie de la côte; cette Isle trop exposée aux courans, & d'un rivage trop vaseux, ne nous présenta de remarquable que des débris de Tubulaires tels que ceux qui ont fait l'objet de mon premier Mémoire, mais beaucoup plus gros; ce qui me fit conjecturer que ces animaux vivent au fond de la pleine mer, comme dans les rades. Ne trouvant plus rien dans cette Isle, nous remîmes à la voile pour aller gagner la pointe de *Port Navalo*, exposée au Sud-Oueſt, & nous mouillâmes dans une anse sablonneuse au-delà du Fort situé vis-à-vis celui de *Lomariaker.*

L'endroit du côté le plus sablonneux nous offrit encore des Tubulaires dont les tubes au premier coup-d'œil paroissoient semblables au dernier que je viens de décrire.

Chaque tube, comme le précédent, ne sort du sable que de la hauteur d'un pouce, ou un pouce & demi au plus, & communément il est de la longueur de neuf à dix pouces; il est composé pareillement d'une membrane très-mince & très-molle, revêtue de sable & de *detritus* de coquillages; il est couronné, comme le précédent, de plusieurs filamens recou-

verts de ſable, mais qui, au-lieu de ſortir immédiatement de l'orifice du tube, ſortent d'une eſpèce de calice formé de petites parcelles de coquilles de différentes couleurs, arrangées avec une adreſſe & une régularité qui charme les yeux.

Cette fleur artificielle eſt compoſée de deux grandes lames en forme de pétales, rapprochées l'une de l'autre, arrondies dans ſes bords, & échancrée en *AA* (*figure* 4, *n.*° 1), ces deux lames s'ouvrent & ſe ferment au gré de l'animal, comme une coquille bivalve. Les filamens ſont de même nature que le tube, ce ſont des filets membraneux tapiſſés de ſable. Table II. *fig.* IV. n.° 1.

J'ai vu de ces tubes dans le Cabinet d'Hiſtoire Naturelle de M. le Chevalier Turgot, & ils ne ſont pas rares dans ceux que nous avons ici; mais je n'ai vu nulle part l'animal qui les conſtruit. L'opinion la plus commune eſt qu'il s'enterre dans le ſable, dès qu'il ſent qu'on veut le ſurprendre. Cette opinion eſt fondée, comme nous le verrons bientôt.

Je fis creuſer autour du tube, à la profondeur d'un pied; &, par le moyen de tranchées, je fis écouler l'eau qui s'élevoit au niveau du terrain. Alors, avec un pêle longue & forte, qui pénétroit encore environ un pied dans le ſable, je fis lever la motte ſablonneuſe qui renfermoit le tube.

Pendant que cette maſſe de ſable étoit ſur la pêle, je découvris l'extrémité inférieure du tube pour m'aſſurer s'il n'étoit point offenſé; mais, en cherchant cette extrémité, je trouvai une multitude de trompes de trois à quatre pouces de longueur, qui rentroient dans le tube lorſque je les touchois, ce qui me fit préſumer que l'animal y étoit dans une ſituation renverſée, contraire aux autres Tubulaires. Comme l'extrémité inférieure du tube avoit une ouverture ſenſible, j'introduiſis un fil d'archal par l'orifice ſupérieur, & l'animal ſortit par en bas, la tête la premiere; il tomba dans un vaſe plein d'eau de mer, s'agita beaucoup, & je profitai de ſes différens mouvemens pour en obſerver la ſtructure.

Table II, *fig.* IV, n.° 2. Il a cinq à six pouces dans son plus grand alongement; sans y comprendre les trompes, & il peut se contracter jusqu'à n'occuper que deux pouces, ce qui arrive lorsqu'on le plonge vivant dans de l'esprit-de-vin; il est composé d'anneaux, dont les seize premiers sont garnis de mammelons, d'où sortent des pointes très-fines; depuis le seizième anneau jusqu'à l'extrémité de la queue les mammelons deviennent imperceptibles, & n'ont pas de pointes.

Le ventre, & j'appelle ainsi la partie sur laquelle l'animal se roule & se replie, sur laquelle il rampe pour travailler, ce ventre, dis-je, est garni depuis la tête jusqu'au treizième anneau inclusivement d'une bande ou espèce de *sternum*, *C D*, d'un rouge fort vif, plus foncé vers l'extrémité, & les seuls mammelons armés de pointes sont bordés de la même couleur. La bande rouge, qui couvre le ventre, est un peu plus foncée vers le bas, & rayée transversalement de petites lignes noires qui ne m'ont pas paru correspondre aux anneaux.

Le dos a de singulier, 1.° une transparence si grande qu'on voit les intestins à travers la peau; 2.° la partie du dos la plus voisine de la tête, est surmontée de six petites houppes, *C C*, trois de chaque côté, composées de filamens charnus, onduleux & ramifiés, d'un beau rouge de corail, & de deux lignes de hauteur. Une de ces houppes est représentée grossie en *E*, *fig.* 5, *n.°* 3. Les extrémités des branches sont *dicotomes* ou fourchues.

La tête est garnie d'un petit bourrelet formé par les rides de la peau, comme dans les autres pinceaux de mer, avec cette différence, qu'au-lieu de collier ou de couronne cartilagineuse, la tête est ici surmontée d'une petite membrane en forme d'entonnoir *A*, de l'intérieur duquel sortent des trompes de trois à quatre pouces de long; ce petit entonnoir est couvert pardevant de deux petites membranes en forme

de languettes *BB*, écartées l'une de l'autre quand l'animal travaille, & qui ſe referment quand l'entonnoir s'affaiſſe.

Les trompes ſont ſimples : vues au microſcope, elles paroiſſent ſous la forme de vers blancs, ronds, & compoſés d'anneaux; elles ont un mouvement vermiculaire continu. L'animal peut les alonger juſqu'à quatre & cinq pouces, & les contracter juſqu'à les réduire à cinq ou ſix lignes ; elles ſont ſi molles, qu'on les rompt en les touchant ſans précaution : quand l'animal travaille, elles ſont aſſez fortes pour ſoutenir des fardeaux cinq à ſix fois plus peſans que lui. J'avois mis pluſieurs de ces Tubulaires dans un bocal, & les trompes qui ſortoient par l'orifice inférieur, s'étoient tellement cramponnées contre le fond du vaſe, qu'il fallut le rompre pour les en retirer, ce qui fait voir la néceſſité de creuſer profondément dans le ſable pour ſaiſir l'animal; autrement il laiſſe enlever ſon tube, & reſte ſous le rivage.

Je coupai pluſieurs trompes, que je mis à part dans un flacon plein d'eau de mer ; leur mouvement vermiculaire dura auſſi long-tems que vécut l'animal, près de quarante-huit heures ; & j'aurois ſans doute prolongé leur vie, ſi j'avois été à portée de rafraîchir leur eau à chaque marée.

Les trompes des autres pinceaux de mer décrits juſqu'à préſent, perdent la vie & le mouvement quand on les coupe; elles n'ont pas non plus la propriété de s'alonger & de ſe raccourcir, par la raiſon ſans doute qu'elles ne ſont point compoſées d'anneaux, mais de filamens cartilagineux.

De la manière dont ces animaux conſtruiſent leur Tube.

J'avois mis à part dans un bocal plein d'eau de mer le plus fort & le plus vigoureux de ces animaux dépouillé de ſon tube, après avoir rempli le fond du vaſe de ſable, de cailloutage & de *detritus* de coquillages.

L'animal commença par fixer une partie de ſes trompes ſur les cailloux les plus peſans, tandis qu'avec les autres il parcouroit differens endroits de ſa nouvelle demeure. Après avoir tâté les objets qui l'environnoient, je le vis tirer à lui une trompe chargée de cinq à ſix grains de ſable aſſez gros; cette trompe, avec le fardeau dont elle étoit chargée, alla ſe perdre dans l'entonnoir.

Je le vis continuer cette manœuvre pendant quelque tems. Enfin l'animal leva la tête, s'agita beaucoup, & en appliquant l'entonnoir contre les parois du bocal, y attacha des grains de ſable en forme de voûte naiſſante. Au bout d'une demi-heure la voûte fut complète; c'étoit un cercle, mais d'une rondeur auſſi parfaite, que ſi l'on eût fait uſage du compas.

Ce cercle, au bout de deux heures, formoit un anneau de deux lignes de large; ainſi, l'animal auroit employé cinq jours environ à ſe conſtruire une demeure. Il y mettoit ſouvent la tête, & s'y agitoit beaucoup, ſans doute pour arrondir le tube, & le tapiſſer intérieurement de cette matière viſqueuſe, qui, dans le peu qu'il avoit fait d'ouvrage, formoit déjà une pellicule mince & tranſparente. Je ne pus découvrir dans ce travail quel étoit l'uſage des ſix houppes en forme de coralline, qui ſont voiſines de la tête; elles étoient dans un mouvement continuel, mais je ne les vis ſaiſir aucun fardeau.

Étant obligé de profiter de la marée pour partir, l'agitation du bocal dans le tranſport interrompit l'ouvrage, & le défaut d'eau priſe au bord de la pleine mer fit languir l'animal; il mourut au bout de deux jours.

Il ſuit de tout ce que je viens d'expoſer que cet animal n'emploie, dans la conſtruction de ſa demeure, d'autre inſtru-

ment que ſes trompes; que la Nature l'a pourvu d'un réſervoir qui contient un gluten indiſſoluble à l'eau de la mer; qu'il n'introduit les grains de ſable dans l'entonnoir dont la tête eſt ſurmontée, que pour les enduire de cette eſpèce de glue deſtinée à les coler enſemble.

Ainſi, les Naturaliſtes qui penſent que les animaux de cette eſpèce, en ſe roulant dans le ſable, font ſortir de leur corps une humeur gluante capable de coler enſemble les matières dont ils s'habillent, adoptent un ſyſtême bien éloigné de celui de la Nature.

J'ai dit plus haut que cet animal a dans ſon tube une ſituation renverſée, & en effet de quatorze Tubulaires de cette eſpèce, je n'en ai trouvé que deux qui euſſent la tête tournée vers l'orifice ſupérieur.

S'il arrive que le ſable porté par les flots s'amoncèle ſur le tube, l'animal le continue juſqu'à ce qu'il ſoit plus élevé que le ſable. J'ai trouvé de ces tubes qui avoient deux & trois panaches à quelques pouces de diſtance, ce qui prouve qu'ils avoient été continués à deux & trois repriſes différentes; il s'habille indifféremment de ce qu'il trouve à ſa portée; mais les matériaux les plus peſans ſont toujours employés dans la partie du tube la plus enfoncée dans le rivage.

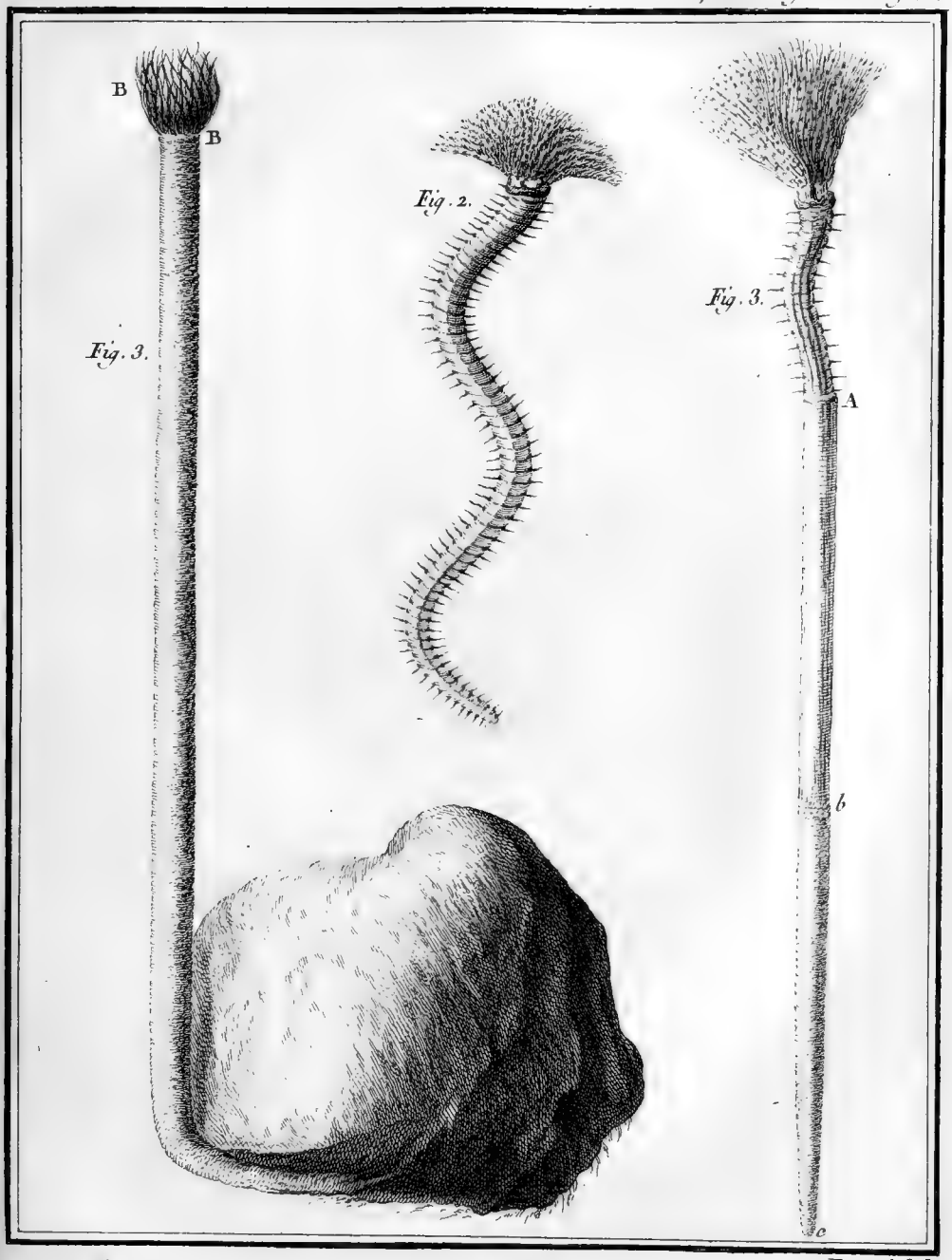
Pour caractériſer cet animal par la forme de ſa demeure, je lui donne le nom de *Corallina Tubularia littoralis, tubo membranaceo, molli, arenoſo, filamentis, ac detritu concharum florem demulantibus, coronato.*

Tubulaire à tube panaché de filamens, & de coquillages en forme de fleurs.

Il eſt du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer à l'Académie, & eſt contenu dans le flacon *B;* mais, comme l'eſprit-de-vin défigure l'animal, détruit ſes couleurs, & ronge ſes trompes, j'ai ajouté un deſſein colorié d'après nature.

DESCRIPTION

Scav. Etrang. Tom. IX Pag. 328.



Cne Haussard Sculp.

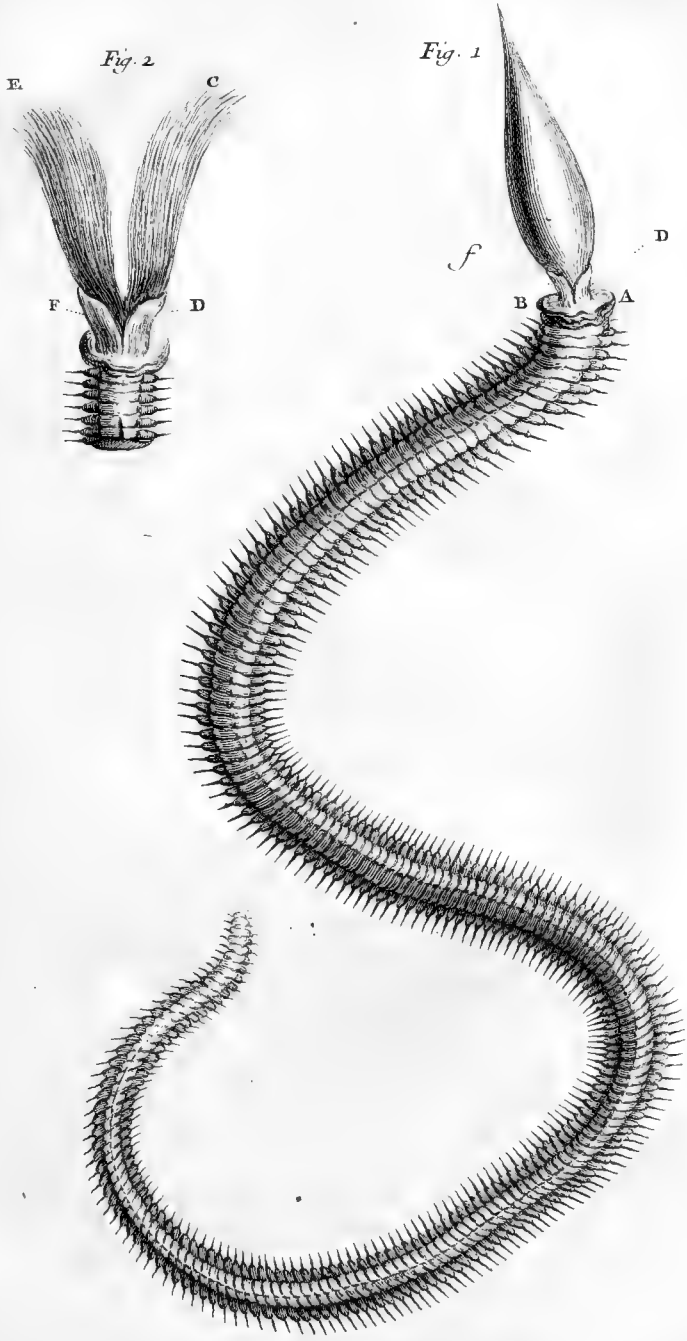


Fig. 2
E
C
F
D
Fig. 1
f
D
B
A

DESCRIPTION
D'UN INSECTE SINGULIER
TROUVÉ DANS LA RADE DE LOMARIAKER.

Par M. DE QUÉRONIC,

Ancien Conſeiller au Parlement de Bretagne.

Préſenté le 4 Juillet 1767.

L'INSECTE dont on joint ici la figure, ſe trouva, le 30 Mars 1767, parmi les branches d'un Fucus à feuilles ſemblables à celles du petit Sedum, garni de corallines & autres productions de polypes. Ce Fucus ſe trouvoit ſur des pierres auxquelles adhéroient les gros Tubulaires du Morbihan que M. l'Abbé *Mazeas* faiſoit pêcher près du Bourg de Lomariaker, jadis la Capitale des Venètes, aſſiégée & priſe par Jules Céſar.

Au moment qu'on ôta ces petits animaux de leurs retraites, les plus forts d'entr'eux cherchèrent à s'échapper, & ſe mirent à marcher ſur la table avec aſſez de vîteſſe. Ils s'appuyoient ſur les ſix pattes de derrière, & ſur les deux bras armés de gros crochets qu'on voit à leur anneau antérieur. Se pliant en deux, ils rapprochoient & éloignoient ſucceſſivement la tête, ainſi que l'anneau antérieur, & le derrière du corps, marchant à la manière des Chenilles arpenteuſes.

La forme de ces animaux parut remarquable & d'autant plus intéreſſante qu'ils ont pluſieurs traits de reſſemblance avec un inſecte trouvé auſſi en mer à deux lieues au large de Ceylan par M. le Commandeur *Godeheu de Riville*, & dont il a donné la deſcription à la fin d'un Mémoire

ſur la Mer lumineuſe, imprimé dans le *troiſième volume des Savans Etrangers.*

Notre inſecte eſt couvert d'une écorce ſemblable à celle des Puces de mer, de même conſiſtance, & auſſi d'un rouge lavé, ſur-tout après la mort de l'animal. C'eſt ce qui me porteroit à lui donner le nom de Puce de mer, auquel j'ajouterois celui d'*arpenteuſe* pour caractériſer ſa marche.

La figure *A*, repréſente l'animal de grandeur naturelle, & à-peu-près dans l'attitude où on l'a vu marcher.

B, eſt le même inſecte vu à la loupe, & deſſiné avec toute l'exactitude poſſible.

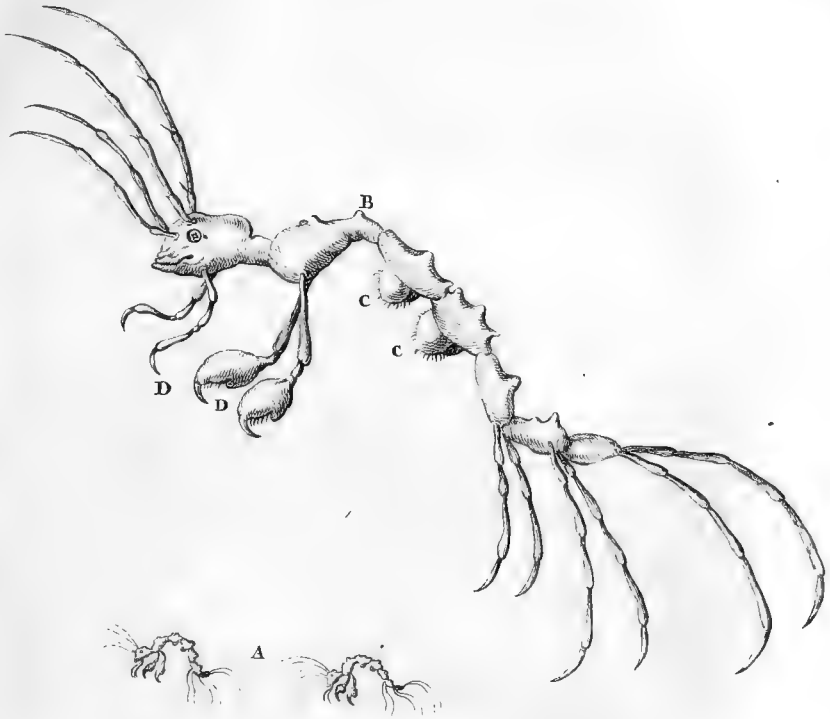
L'œil qu'on lui voit à chaque côté de la tête, eſt pendant ſa vie, ainſi que lorſqu'il eſt mort, du rouge le plus vif, ſemé de petits points jaunes.

Sa gueule eſt ouverte comme celle des poiſſons, & non comme celle des crabes, écreviſſes, *&c.* on l'a vu remuer les mâchoires qui ont pluſieurs plis tels qu'ils ſont repréſentés; mais il n'a pas été poſſible d'appercevoir ſi l'intérieur eſt garni de dents, comme l'inſecte de Ceylan.

C C, ſacs membraneux, velus, & blancs, dont il y a deux de chaque côté, en-deſſous l'un du ſecond, l'autre du troiſième anneau. Ces ſacs ſervent probablement à l'inſecte, à ſe ſoutenir dans l'eau & à nager.

D, bras garnis chacun d'un gros crochet, parfaitement ſemblable à celui qui termine tous les pieds de l'inſecte de Ceylan.

La comparaiſon de notre *figure* avec celle de M. le Commandeur *Godeheu*, *page* 276 du troiſième volume des *Savans Etrangers*, fera voir en quoi ces animaux ſe reſſemblent, & en quoi ils diffèrent l'un de l'autre.



Cne Haussard Sculp.

MÉMOIRE

Dans lequel on examine le ſentiment des Anciens & des Modernes ſur l'origine des MACREUSES.

Par M. DE LA FAILLE,

Secrétaire perpétuel de l'Académie de la Rochelle, Honoraire & Aſſocié de celle d'Auſbourg, de Lunebourg, de Berne; des Sociétés d'Agriculture de la Rochelle, Tours, &c.

Préſenté en 1769.

DE TOUTES LES FABLES qu'on a répandues juſqu'à ce jour ſur les productions de la Nature, il n'en eſt pas qui ait eu plus de vogue que la génération ſpontanée des Macreuſes, des Bernacles, des Judelles, des Oies d'Écoſſe. On s'eſt partagé à leur égard en diverſes opinions, qui ſont les mêmes pour le fond. Les uns ont ſoutenu qu'il y avoit en Angleterre des arbres qui au-lieu de fruits portoient des oiſeaux. Les autres prétendent que ces oiſeaux naiſſent ſur des planches pourries auxquelles ils tiennent par le bec, qu'ils s'en détachent lorſqu'ils ſont grands & dans toutes leurs forces. Quelques Auteurs avancent que ce ne ſont pas des oiſeaux qui pendent par le bec, mais de véritables coquilles dans leſquelles ſe forment, ſelon eux, ces oiſeaux qui en ſortent quand ils ſont en état de chercher leur vie.

Ces générations monſtrueuſes ont été adoptées des premiers Naturaliſtes. Nous en trouvons la preuve dans *Pline*, dans *Elien*, & dans tous les Anciens chez qui la corruption étoit le principe de la plupart des ſubſtances animales. D'après eux cette erreur eſt paſſée avec une foule d'autres abſurdités dans les écrits de tous ceux qui ont traité ce ſujet.

Des jours plus purs ont succédé à ces tems de ténèbres. L'amour du vrai, la physique & le flambeau de l'expérience ont dissipé nos préjugés sur les productions de la Nature. Comment, malgré ces secours, une origine aussi fabuleuse que l'est celle qu'on attribue à la Macreuse & aux autres oiseaux de cette espèce a-t-elle pu se soutenir sur l'océan des siècles, & passer sans altération jusqu'à nous?

Comment les Savans, le Peuple & toutes les Nations ont-ils pu embarrasser & soutenir cette opinion. Copistes les uns des autres nos Historiens n'ont jamais écrit sur cet objet que d'après des oui-dires. La Nature, qu'il étoit difficile, mais non pas impossible de consulter, a toujours été mise à l'écart. Le merveilleux a séduit l'imagination qui se repaît & s'enthousiasme souvent des choses extraordinaires; on a mieux aimé croire qu'approfondir. MM. *Deslandes* & *Dargenville*, n'ont fait que suivre le torrent & accréditer l'erreur. Le Docteur de *Grain d'Orge* est le seul, qui, malgré la prévention de son siécle, ait réclamé les loix de la Nature dans la reproduction de ces oiseaux; mais il n'a fait que renvoyer aux effets ordinaires de la naissance, à l'ovation, à l'incubation, sans fournir ses preuves; aussi son Ouvrage posthume, quoique commenté & mis au jour par une habile main, (le célèbre *Malouin*,) n'a rien changé dans les esprits.

J'ose, après ce grand Homme, entrer dans une carrière épineuse & traiter une matière ensévelie dans les plus épaisses ténèbres; pour y répandre plus de jour, il est indispensable de connoître d'abord, & de suivre, dans tous ses détails, le curieux Testacée qui joue ici un grand rôle; delà nous passons à la description du volatil, qui fait l'objet de ce Mémoire.

Ce premier appartient à la classe des multivalves; je veux dire des coquillages composés de plusieurs pièces. On le nomme en Bretagne *Sapinette*, à cause qu'il s'attache au sapin, *Clakis* en Angleterre, à l'Amérique *Cravan*, & en

général *Conque-anatifere;* mot dont l'étimologie annonce assez son prétendu privilége. C'est une des plus belles coquilles qui parent les rivages du pays d'Aunis. Des trois sortes que fournit l'Océan, on ne trouve sur nos côtes que très-rarement & dans des endroits écartés celle que les Naturalistes connoissent sous le nom de *Concha anatifera adherens.*

Ce coquillage, un des plus singuliers dans l'histoire des Testacées marins, n'est jamais solitaire, il vit toujours en compagnie, groupé sur quantité de ses semblables. Il se trouve ordinairement attaché au bois ou aux pierres. Les débris flottans sur la mer, ainsi que la carenne des vieux vaisseaux, ou qui viennent de long cours, en sont quelquefois tout couverts : quelquefois aussi ce poisson cache sous sa masse de grosses coquilles, des Corallines, des Polypiers, des Madrépores. Les vents furieux & les tempêtes le déracinent souvent du fond des eaux ou du creux des rochers, & le jettent sur nos rivages.

La Conque-anatifère n'est point comptée parmi les productions qui servent aux agrémens de la vie; mais l'éclat & la variété de ses belles couleurs la font rechercher avec empressement des Curieux, qui lui donnent une place distinguée dans tous les Cabinets d'Histoire Naturelle.

Cette coquille est pointue, très-platte & approche assez de la forme d'une amande. Elle est composée de cinq pièces dont la couleur principale qui tire sur l'onix, est coupée de ramifications d'une teinte plus forte. Le contour de ces pièces est relevé d'un cordon saillant & jaune, qui, outre l'agrément qu'il y répand par une nuance vive opposée au fond, sert à les contenir dans leurs mouvemens ordinaires. Les deux grandes valves touchent à la tige, & les deux autres plus petites forment la pointe de la coquille. Le bord de ces quatre pièces va se joindre au couvert d'une cinquième qui est oblongue, courbée & creusée en gouttiere.

Ces cinq pièces, qui diffèrent entr'elles assez considérablement quant à la forme, sont accouplées & tenues dans une mince pellicule, qui en tapisse la surface intérieure. Le jeu qu'elle donne aux valves dans la tension de l'animal, leur permet de s'étendre foiblement ou de se gonfler plutôt que de s'écarter.

Au premier coup-d'œil l'habitant de cette maison ne paroît pas intéresser beaucoup : sa frange qui ressemble assez à un plumaceau est confuse. Mais, à l'examiner de près, ce petit corps se développe & s'alonge; les filamens, qui le forment, se divisent & sortent de la coquille. Ils sont au nombre de vingt-six. Le plus long, qui est situé vers sa pointe, est aussi le plus mince : à mesure que ces sortes de bras (car ils en font l'office) diminuent dans leur longueur, ils augmentent en volume. Leur arrangement est tel, soit au dedans soit au-dehors de la couverture, qu'ils paroissent ne s'en écarter jamais. Le premier est celui qui déborde le plus, le second rentre davantage, le troisième a moins de sortie, ainsi des autres jusqu'au dernier. Chaque filament est un composé continu de vertèbres qui s'engrainent réciproquement, & dont la surface inférieure est armée de trois petits poils déliés & assez longs. Tous ces poils, qui s'étendent dans l'eau de mer n'ont qu'un mouvement d'ascension, dont le jeu des vertèbres les rapproche plus ou moins, & lorsque le corps entier du plumaceau veut rentrer dans la coquille, les filamens se rapprochent & se réunissent sous la forme d'un croissant.

C'est dans le centre de cette partie qu'on découvre la bouche. C'est un petit trou qui peut avoir environ deux lignes de diamètre, & qui a une sorte de relief. Sur le bord de ce trou sont implantés les vingt-six filamens que je viens de décrire. On peut dire qu'ils en sont les gardiens, & qu'ils sont autant faits pour lui fournir les alimens qui se prennent dans leurs filets, que pour la mettre à couvert.

C'eſt ici que commence la partie charnue, celle qui conſtitue vraiment l'animal. Elle eſt groſſe & ramaſſée, tant que le poiſſon eſt retiré ſous ſes valves ; mais, lorſqu'il s'alonge & paroît au-dehors, ſon volume diminue & s'alonge auſſi. Les alimens reçus par le petit trou qui forme la bouche, ſont enſuite portés par un long conduit placé inférieurement à une iſſue qu'on croît être celle des excrémens.

Cette coquille, ainſi que l'animal qui s'y trouve renfermé, eſt attachée par ſon extrémité la plus large, à un boyau dont la groſſeur & l'étendue varient ſuivant l'âge du poiſſon : dans les uns, il a juſqu'à neuf pouces de longueur ſur huit lignes de diamètre; dans d'autres, il n'a que la moitié de ces deux proportions. Ce boyau eſt tantôt d'un jaune clair, tantôt d'une couleur de ſafran, & quelquefois d'un rouge peu foncé: telles ſont les différentes teintes des conques anatifères parvenues à leur entier accroiſſement; mais les plus petites ſont preſque toujours d'un blanc ſale. Ces nuances n'attaquent jamais que la partie inférieure du boyau, c'eſt-à-dire, celle qui eſt adhérente à un corps étranger, l'autre moitié qui ſe réunit à la coquille, tire, dans les uns & les autres, ſur le noir foncé. Cette partie eſt la ſeule qui ſouffre quelque contraction ; elle eſt à cet effet ſillonnée, principalement à ſon extrémité ſupérieure, de groſſes ſtries tranſverſales, qui viennent finir vers le milieu du boyau : ſans la couleur ſombre, qui le couvre & l'enveloppe, il ſeroit tranſparent dans toute ſa longueur ; car il n'eſt rempli que d'un mucilage glaireux, qui a l'air d'une vraie gelée : tant que l'animal eſt ſain, ce boyau eſt ferme & réſiſte à une aſſez forte preſſion ; mais auſſi-tôt que le poiſſon commence à manquer d'eau ou d'aliment, il ſe flétrit & ſe ride; le mucilage, qui y eſt contenu, ſe fond peu-à-peu & ſort par l'ouverture des valves.

Tel eſt le coquillage ſur lequel l'antiquité a débité tant de fables & dont les Savans ont écrit tant de choſes incroyables, ſoit en le regardant comme l'origine & le principe d'une génération contraire à l'ordre naturel, ſoit en le métamor-

phoſant lui-même en Macreuſe. Nos modernes, ſans admettre en entier ces rêveries, ont cru leur donner un air de vérité, ou plutôt éclaircir ce myſtère, en ſoutenant que ces ſortes d'oiſeaux pouvoient fort bien pondre leurs œufs dans ces coquillages, & les ſubſtituer à la place du poiſſon qu'ils béquetent à cet effet : le récit circonſtancié de ce fait, qu'on lit dans un Recueil de différens Traités de Phyſique & d'Hiſtoire Naturelle, par M. Deſlandes, imprimé à Paris en 1736, eſt plus curieux que fondé en vérité. Nous allons le rapporter dans ſon entier.

« D'autres oiſeaux, dit M. Deſlandes, s'établiſſent dans les » endroits où il y a beaucoup de coquillages, ſur-tout de ceux » à deux pièces fortement attachées contre des rochers ou » contre des morceaux de bois; & là, quand ils ſont à la veille » de pondre, ils béquetent le poiſſon renfermé dans ces di- » vers coquillages & mettent leurs œufs à ſa place : ſans doute » que ces œufs trop foibles pour ſe ſoutenir d'eux-mêmes, y » reſtent collés par quelque liqueur viſqueuſe & gluante, juſ- » qu'à ce que l'oiſeau rompe ſes enveloppes, & prenant plus » de nourriture, ſe ſerve enfin de ſes propres aîles. Voilà, à » mon avis, ce qui a donné lieu au peuple qui habite les côtes » de la Mer, de dire que les coquillages ſe transformeroient » eux-mêmes en oiſeaux.

« On me demandera, ſans doute, par quel art j'ai pu dé- » couvrir (ajoute M. Deſlandes) une manœuvre ſi ſingu- » lière & ſi peu remarquée juſqu'ici. Je répondrai ſans peine, » & à l'exemple des Phyſiciens les plus ſincères, que c'eſt » au haſard que je dois mes premières penſées ſur cette ma- » tière. En 1729, quelques Navires Anglois ayant fait nau- » frage *entre le Conquet & S. Matthieu*, la Mer en pouſſa les » débris & les membres épars ſur la côte. Il y eut pluſieurs » planches qu'on m'apporta par curioſité, & qui étoient char- » gées de divers coquillages, principalement de moules & de » cammes. J'examinai ces coquillages avec ſoin, & je remar- » quai

» quai que pluſieurs d'entr'eux contenoient des embryons d'oi-
» ſeaux plus ou moins avancés, plus ou moins reconnoiſſa-
» bles : aux uns paroiſſoient ſeulement les aîles à demi-ca-
» chées ; on voyoit aux autres le bec & le corps déjà tout for-
» mé : j'ai cru qu'en faiſant remettre ces planches à fleur d'eau
» & à l'abri du vent, je pourrois arriver à quelque choſe de
» plus; mais les coquillages, qui avoient déja été fort agités, ſe
» détacherent tous, & la mer les emporta.

» Ma curioſité n'étant pas entièrement ſatisfaite, je redou-
» blai de ſoin en 1730, pour avoir de pareilles planches char-
» gées de coquillages, en cas qu'il pût s'en trouver. Le nau-
» frage d'un Vaiſſeau François, qui revenoit du Nord de l'Ecoſſe,
» & qui y avoit paſſé l'hiver, m'en procura. Je revis avec plai-
» ſir des embryons d'oiſeaux renfermés encore dans des moules
» & des cammes, des œufs mêmes qui s'y trouvoient enve-
» loppés d'une matière viſqueuſe & gluante. Tout cela me
» confirma dans la penſée où j'étois, que, parmi les oiſeaux de
» mer, il y en avoit de plus habiles & de plus induſtrieux les
» uns que les autres, qui pondoient leurs œufs dans des coquil-
» lages où ils demeuroient en ſûreté juſqu'à ce qu'ils fuſſent en-
» tièrement éclos. »

Un aveu auſſi formel, garanti & ſoutenu par un Phyſicien de réputation, qui dit avoir vu, ſeroit bien capable d'accréditer l'erreur, ſi l'on ne trouvoit dans le récit de M. Deſlandes des contradictions, & ſi l'on n'y voyoit à découvert ſon goût pour le merveilleux & pour les choſes extraordinaires. Il eſt à croire que, dans ſon récit, ce Naturaliſte n'a pas cherché à altérer la vérité, il n'eſt pas permis de ſoupçonner ſa bonne-foi; mais la prévention, ce tyran impérieux, qui a tant de force ſur l'eſprit de ceux qu'il ſoumet à ſes loix, lui a, ſans doute, faſciné les yeux.

De tous les Auteurs, qui ont traité cette matière, il eſt le ſeul qui faſſe ſortir des oiſeaux des moules & des cammes; tous les

autres Ecrivains n'ont jamais accordé ce privilége qu'à nos ſapinettes.

Pourquoi des milliarts de moules, qui couvrent nos côtes & nos bouchots, n'ont-elles jamais fourni un pareil exemple? Ce coquillage s'attache, il eſt vrai, par un gluten, quelquefois par ſon *biſſus*, au bois, aux rochers & aux corps marins; mais on ne peut pas dire qu'il en ſoit ainſi des cammes, qui ne vivent jamais que dans le ſable, dans le limon ou dans la pierre. Cette coquille d'ailleurs, non plus que ſon poiſſon, n'a rien en elle-même qui puiſſe la coller à la carenne de nos Vaiſſeaux: auſſi n'y trouve-t on le plus ſouvent adhérent que des glands, des pouſſepieds, des huîtres à bec & à raſteau, des paquets de moules, & preſque toujours des conques anatifères. Voyons à préſent ſi cette ponte, de la part de nos Macreuſes, dans un nid auſſi extraordinaire, a quelque fondement, ou plutôt ſi elle eſt poſſible.

M. Dargenville, qui a prévu l'objection & ſa difficulté, avance à la *page* 317 de ſa Conchiliologie, ſeconde Edition, imprimée à Paris en 1757, « Qu'il ſe pourroit faire que, » comme la conque anatifère s'ouvre dans la mer, elle laiſsât » entrer l'œuf de la bernache qui eſt très-petit, molaſſe & en» vironné d'un mucilage, par lequel il ſe colle aux différens » corps qu'il rencontre. Cet œuf ainſi attaché au poiſſon de » la conque anatifère, en tire ſa nourriture en vrai paraſite, » ainſi que de l'eau de la mer. » Cette ſolution haſardée, a tout l'air d'un paradoxe; l'Auteur qui ne cite pas ſon garant, n'a ſuivi que ſes idées, ou plutôt s'eſt livré tout entier à l'eſſor d'une imagination prévenue ou échauffée. Comment prouver que les œufs de la Macreuſe ſont, contre l'ordre naturel, petits, molaſſes & ſans coque; & ſi l'un vivoit en vrai paraſite aux depens de l'autre, on les trouveroit ſouvent réunis ou confondus, ce qui n'arrive jamais: eſt il bien croyable encore que la Macreuſe abandonne ſes œufs au haſard & au mouvement des eaux de la mer, dans l'idée qu'ils pourroient

peut-être trouver un couvert ſous cette coquille ? On connoît trop l'attachement des oiſeaux pour leurs petits. Nous deſcendrons dans tous les détails de ces deux opinions, parce que le réſultat nous en fera voir l'abus ou la fauſſeté.

La Macreuſe eſt un oiſeau connu de tout le monde: il y en a de pluſieurs eſpèces, qui ſont toutes à-peu-près de la grandeur du canard domeſtique; on diſtingue, à la couleur des plumes, le mâle de la femelle: celle-ci eſt toute griſe; le mâle, au contraire, eſt d'un noir foncé, ce qui les fait nommer à Paris, *Diable de Mer*; l'un & l'autre ont les aîles & les pattes aſſez courtes & propres à nager, l'œil ſombre, la paupière jaune; ſur l'origine de la partie ſupérieure du bec, s'élève un tubercule charnu de la groſſeur d'une noiſette, d'un beau rouge, diviſé en deux lobes par une ligne jaune.

Les parties internes de cet oiſeau ne s'écartent en rien de l'ordre & de la configuration propre au genre volatile: tout y eſt conſtitué de la même manière que dans les autres ſortes de canards; le mâle ſe diſtingue de la femelle, & l'ovaire n'a rien dans celle-ci qui ſoit digne de remarque: ſes œufs, bien loin d'être mous & glutineux, ont chacun une coque ferme, liſſe & très-ſéche. C'eſt un fait précis & bien certain, que j'ai eu occaſion de voir, de vérifier & d'examiner ſur une Macreuſe vivante, qui fut priſe en 1756, au mois de Mai, ſur le bord des côtes de la mer, par feû M. Deſnain, & dont il me fit préſent pour augmenter l'Ornithologie de mon Cabinet. Cette remarque s'étend à toute la claſſe des oiſeaux, on n'en connoît point qui ſoient dans le cas ſuppoſé. Les tortues, les léſards, les couleuvres & quelques reptiles, ſont les ſeuls qui pondent des œufs ſans coque; je veux dire que l'embryon & la liqueur où il nage, ſont enveloppés d'une mince pellicule qui fléchit ſous les doigts; mais ceux de la Macreuſe ſont fermes & capables de réſiſtance; ils égalent en groſſeur les œufs de la poule. Comment un volume de cette nature, & qui n'eſt pas flexible, pourroit-il être dépoſé ou s'introduire

dans l'intérieur d'une coquille naturellement plate, qui n'a pas la moitié de cette groſſeur, & dont l'ouverture ne ſauroit s'étendre au-delà de cinq à ſix lignes? ce ſeroit heurter le bon ſens que de ſoutenir une choſe auſſi abſurde.

Il n'eſt pas moins révoltant de dire, que la Macreuſe puiſſe béqueter le poiſſon de la conque anatifère, pour y ſubſtituer ſes œufs, parce que ce teſtacée marin eſt tellement renfermé ſous le couvert de ſes pièces, qu'il faut néceſſairement les forcer & les rompre pour parvenir juſqu'à lui. Si les bernaches uſoient de violence contre ces ſortes de coquillages, ils en formeroient des débris, qui ne pourroient préſenter à leurs œufs aucune ſûreté, & s'il étoit poſſible qu'ils puſſent cacher leur ponte dans l'intérieur de ces multivalves morts, cet aſyle ne ſeroit que momentané, vu que la corruption, en détruiſant ce berceau, expoſeroit néceſſairement l'un & l'autre à toute la violence des tempêtes & à périr contre les rochers.

Il eſt donc impoſſible qu'une manœuvre auſſi bizarre puiſſe avoir lieu; tous les animaux ſont guidés dans leurs mouvemens, & principalement dans la reproduction de leur eſpèce, par un inſtinct ſûr, infaillible & raiſonné en apparence; inſtinct qui ne leur permet jamais de heurter les loix de la Nature ou de s'en écarter.

La Macreuſe ne paroît ſur nos côtes que vers la fin de l'automne & en hiver: au commencement du printems, elle ſe retire de nos rivages, & va chercher un ciel moins doux & plus convenable à ſa conſtitution glaciale; elle ſe retire vers les plages ſeptentrionales, y fait ſon nid dans le creux des rochers, s'y accouple, y pond ſes œufs, & les couve comme les

autres volatiles ; il eſt vrai que ce nid eſt groſſièrement fait & preſque ſans art, l'oiſeau y fait entrer tout ce qu'il rencontre, le ſar, la mouſſe de mer, & le plus ſouvent des paquets entiers de conques anatifères, ſont les ſeuls matériaux qu'il emploie à cet édifice, & au milieu deſquels il dépoſe ſes œufs. Du ſein de ces coquilles ſort cette foule innombrable d'oiſeaux palmipèdes, qui habitent ordinairement les mers du Nord & de l'Ecoſſe ; mais cette naiſſance n'a rien d'équivoque ou d'extraordinaire : ce qui a paru merveilleux à tant d'Auteurs prévenus ou mal inſtruits, eſt ici réduit aux voies ſimples & naturelles d'une reproduction journaliere, conſtante & qui ne varie jamais. Cette vérité eſt garantie par le témoignage non ſuſpect & ſans intérêt de Girard de Werd, Hollandois, dans ſa troiſieme Navigation par le Nord. Voici ſes propres termes.

« Ramants alors plus avant vers l'Iſle, nous y trouvâmes » grand nombre d'oiſons ou des canards, qu'on nomme *Rot-* » *Gauzen*, nous en tuâmes un que nous avons fait cuire, avec » environ ſoixante œufs que nous avons apporté à bord, le » 22 Juin 1596. Ces oiſons ou canards étoient préciſément » de la même eſpèce que ceux qui nous viennent tous les ans » aux environs de Wiringen en Hollande, & que l'on y prend » en très-grand nombre. On n'avoit pu ſavoir juſqu'à préſent » où ils pondent & où ils couvent leurs œufs, ce qui avoit » porté pluſieurs anciens Auteurs à aſſurer qu'ils croiſſoient en » Ecoſſe à des branches d'arbre qui pendent au-deſſus de l'eau, » dont les fruits qui y tombent, deviennent de petits oiſons » nageants, & ceux qui tombent en terre ſe crèvent & ſe

» gâtent. L'on voit ici maintenant le contraire. Ce n'eſt donc pas » merveilles qu'on n'ait pas ſu juſqu'à préſent où ces oiſeaux » pondoient leurs œufs, vu qu'il n'eſt perſonne qu'on ſache qui » ait encore pénétré ſous la hauteur du 80° degré, que la terre » ait été connue en cet endroit, & encore moins que les *Rot-* » *gans* y couvent leurs petits. »

Après des preuves auſſi fortes, auſſi préciſes de la part d'un Voyageur, qui parle de ce qu'il a vu & examiné lui même avec la plus ſérieuſe attention, il ſemble qu'on ne ſauroit plus former de ſoupçons ſur la naiſſance naturelle des Macreuſes, dont la reproduction ne peut ſe faire que par l'accouplement du mâle & de la femelle, & par l'incubation des œufs. Les conques anatifères ſont un genre d'être trop éloigné des oiſeaux, pour y trouver la moindre analogie. Un Curieux Militaire a ſuivi pendant dix-huit mois, ſur le côtes de Bretagne, la manœuvre de quelques-uns de ces poiſſons, qu'il obſervoit très-ſouvent, ſans y avoir jamais trouvé le moindre changement: j'ai fait de pareilles obſervations ſur ce teſtacée marin, dans l'Ance de Coreille, près de la Rochelle; mais, ni la coquille, ni l'animal, ne m'ont jamais préſenté d'œufs ni d'oiſeaux. Celui que nos Romanciers Naturaliſtes ont cru y voir, n'eſt autre choſe que le poiſſon même, dont l'enveloppe, pour égaler un canard naiſſant, devroit avoir dix fois plus de volume & vingt fois plus d'étendue, au moment que ce dernier eſt aſſez fort pour s'envoler. Cette migration occaſionneroit, tous les ans, dans nos coquillages, des loges vides, au lieu qu'ils ſont toujours habités, & que l'animal n'en ſort jamais.

Que d'objections à faire encore contre cette génération

monſtrueuſe : où trouver cette douce chaleur ſi néceſſaire à l'œuf pour éclorre ? où prendre la nourriture convenable au petit canard dans les premiers momens de ſa vie ? Dans ces inſtans de la naiſſance, où un état de langueur & de débilité ne lui permet de rien faire par lui-même, dira-t-on que les eaux de la mer ſuppléent à tout ce qui paroît lui manquer ? tous les reptiles, qui ne couvent point leurs œufs, les expoſent aux ardeurs du Soleil, & les tortues ne dépoſent les leurs dans le ſable des rivages de la mer, que pour augmenter par-là l'effet de ſes rayons.

Quelle peut donc être la ſource d'une mépriſe auſſi accréditée : je la trouve dans la figure du plumaceau de la conque anatifère, dont les filamens reſſemblent aſſez à l'aile d'un jeune oiſeau couvert de ſon premier duvet ; mais cette reſſemblance ne ſauroit ſéduire que ceux qui, ſe contentant d'un examen ſuperficiel, voient, par la prévention & par l'entêtement, ce qui n'exiſte pas. Les glands de mer & les pouſſepieds renferment un pareil animal, que l'on n'a jamais ſoupçonné d'être l'embryon de la bernache. Les conques anatifères ſe perpétuent, à l'exemple des huîtres par une ſorte de frai & de gelée, qui s'attache à tout ce qu'il rencontre : ce frai donne naiſſance à l'animal dont on reconnoît aiſément la coquille juſques dans ſa foible origine. J'ai vu des ſapinettes de la groſſeur d'un grain de millet. Ces coquillages n'ont d'autres rapports avec les Macreuſes, que parce qu'elles en font le plus ſouvent leur nourriture ; c'eſt ce que l'on peut aiſément vérifier, par l'ouverture & la diſſection ; l'eſtomac de ces oiſeaux eſt ordinairement rempli de ces ſortes de teſtacées, qu'ils emploient

encore (comme je l'ai rapporté plus haut) à la conſtruction de leurs nids; mais les ſecours qu'ils tirent des conques anatifères ſont bornés à cet uſage ſeul, & l'examen le plus attentif & le plus réfléchi, n'offre rien qui puiſſe ſe concilier, ni avec le récit révoltant de M. Deſlandes & de M. Dargenville, & encore moins avec le Roman dans lequel on a traveſti l'origine & l'hiſtoire de ces oiſeaux.

MÉMOIRE

MÉMOIRE
SUR
LES FONCTIONS ARBITRAIRES CONTINUES OU DISCONTINUES,
Qui entrent dans les Intégrales des Équations aux Différences finies.

Par M. MONGE,

Correſpondant, Profeſſeur-Royal de Mathématiques, & de Phyſique Expérimentale, aux Écoles du Génie.

Préſenté le 20 Août 1774.

LES DIFFICULTÉS de l'Intégration ne ſont pas les ſeules que l'on rencontre en traitant les Équations aux Différences partielles; pour peu que l'on ſoit au fait de cette matière, on ſait que les intégrales complètes de ces équations, contiennent autant de fonctions arbitraires de variables, qu'il y a d'unités dans le degré de la différencielle, & que les formes, d'abord arbitraires, de ces fonctions, doivent être déterminées & particulariſées, de manière que l'équation ſatisfaſſe aux conditions particulières de la queſtion, qui ſont, pour l'ordinaire, que la ſurface, qui eſt le lieu de l'équation, paſſe par autant de courbes, à double courbure, données, continues ou diſcontinues, qu'il y a de fonctions arbitraires dans l'équation. Outre les difficultés de l'analyſe ordinaire, cette opération en éprouve encore de particulières dans certains cas; par exemple, ſi l'équation ne renferme qu'une fonction, & qu'elle ſoit de cette forme, $z = M + N\varphi V$, M, N & V étant des quantités quelconques données en x & y, j'ai fait voir qu'il étoit toujours poſſible, en ſuppoſant la perfection de l'analyſe ordinaire, de trouver la forme

de la fonction φ, pour qu'en faisant $y = F \cdot x$, l'on ait $z = f \cdot x$, & qu'on pouvoit toujours la construire, quand même les quantités M, N, V, F, x & $f \cdot x$, ne seroient pas soumises à la loi de continuité, ni par conséquent expressibles analytiquement.

Il en est de même, si l'équation renferme plusieurs fonctions arbitraires, pourvu toutefois que les fonctions soient composées de la même quantité; par exemple, dans l'équation..

$$z = M + N\varphi V + P\psi V \ldots\ldots \text{ \&c.}$$

on peut toujours déterminer les formes des fonctions φ, ψ ..... &c. de manière qu'elles satisfassent à autant de de conditions qu'il y a de fonctions; c'est-à-dire, de manière qu'en faisant .....

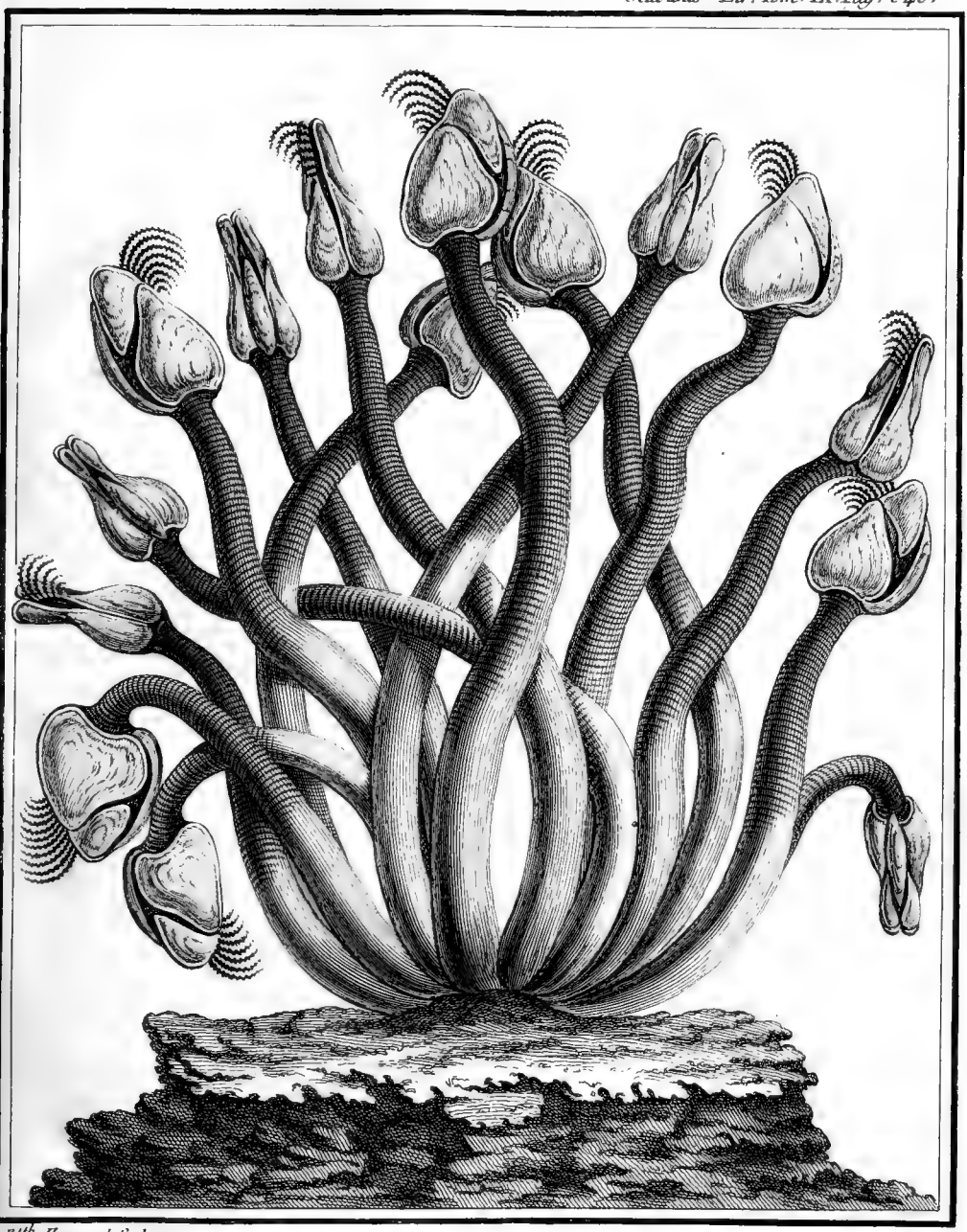
$y = F \cdot x$, on ait $z = f \cdot x$,
$y = F' \cdot x$, on ait $z = f' \cdot x$,
&c..... &c.

Et, si ces formes ne peuvent pas être analytiques, ce qui arrive lorsque les quantités M, N, P ... V, $F \cdot x$, $F' \cdot x$ ... $f \cdot x$, $f' \cdot x$ .... &c. sont discontinues, j'ai fait voir qu'on pouvoit toujours au moins construire l'équation; ainsi, jusques-là, l'on n'éprouve d'autres difficultés que celles de l'analyse ordinaire.

Mais, si les quantités dont sont composées les différentes fonctions arbitraires, sont différentes; si, par exemple, l'équation est de cette forme, ...

$$z = M + N\varphi V + P\psi W \ldots\ldots \text{ \&c.}$$

il ne m'est plus possible de la construire par les méthodes que j'ai données, même en ne supposant aucune discontinuité, ni dans les quantités M, N, P ... V, W ... &c. ni dans les conditions auxquelles il faut satisfaire: la détermination analytique de ces fonctions, dépend alors de l'intégration d'une équation aux différences finies, à deux variables, d'un ordre moindre d'une unité que le nombre des fonctions, & dans



Elth. Haussard Sculp.

laquelle les différences finies de la variable principale, ſont variables elles-mêmes. On peut voir les Mémoires que j'ai donnés ſur cette matière, & particulièrement un Mémoire de M. le Marquis *de Condorcet*, que cet illuſtre Géomètre a eu la bonté de me communiquer, & qui doit être imprimé parmi ceux de l'Académie Royale des Sciences de Paris, *Année* 1771.

Il ſuit delà que la perfection du calcul intégral des équations aux différences partielles, dépend de celle du calcul intégral des équations aux différences finies: ce dernier genre de calcul a déjà été pouſſé très-loin par MM. *d'Alembert*, *Euler*, *Lagrange* & *de Condorcet*; M. *Euler* a remarqué que lorſque la différence finie de la variable principale x eſt conſtante, & exprimée par a, l'intégrale d'une équation aux différences finies, doit, pour être complète, contenir une fonction arbitraire des quantités $\mathit{ſin}\frac{\pi.x}{a}$ & $\mathit{coſ}\frac{\pi.x}{a}$, π étant le rapport de la circonférence au rayon; (*) mais je ne crois pas que perſonne ait encore donné la manière de trouver la quantité dont doit être compoſée la fonction, lorſque la différence finie de la variable principale, n'eſt pas conſtante: je me propoſe, dans ce Mémoire, 1.° De faire voir que, quelle que ſoit cette différence finie, l'intégrale complète d'une équation aux différences finies d'un ordre quelconque, doit contenir un nombre de fonctions arbitraires égal au degré de la différentielle; 2.° De démontrer que les fonctions peuvent être continues ou diſcontinues, comme celles des intégrales des équations aux différences partielles; 3.° De donner un procédé pour trouver de quelles quantités doivent être compoſées ces fonctions; 4.° De faire voir de quelle nature doivent être les conditions qui peuvent ſervir à les déterminer;

(*) *Voyez* l'Ouvrage de M. le Marquis *de Condorcet*, intitulé: *Lettre à M.* d'Alembert, *page* 50, & ſon Mémoire imprimé dans le Volume des *Mémoires de l'Académie*, pour l'Année 1770. M. *de La Place* avoit auſſi donné, avant moi, la manière de compléter les intégrales des équations aux différences finies, & me l'avoit même communiquée de vive voix; mais je n'en avois plus la moindre idée, lorſque je travaillois à ce Mémoire.

5.° Enfin de donner la conſtruction de ces fonctions, lorſque les conditions ne ſont pas aſſujéties à la loi de continuité, pour être clair, & ſuivre un certain ordre dans cette matière: je vais commencer par les cas les plus ſimples, quoiqu'ils ſoient déjà connus, & ſuppoſer d'abord que la différence finie de la variable principale, ſoit conſtante.

J'appelle variable principale d'une équation aux différences finies, celle à la différence finie de laquelle eſt aſſujétie la différence finie de l'autre variable: ſi l'on propoſe, par exemple, FIG. 1. de trouver la courbe AMN telle qu'ayant mené l'ordonnée quelconque MP, & porté de P en Q une droite quelconque PQ, qui ſoit toujours la même, quelque part que ſoit pris le point P, l'on ait toujours l'ordonnée QN = QM: il eſt évident qu'en faiſant AP = x, MP = y & PQ = Δx, l'on aura QN = $y + \Delta y$ & QM = $\sqrt{(y^2 + (\Delta x)^2)}$: la queſtion exige donc que l'on ait $y + \Delta y = \sqrt{(y^2 + (\Delta x)^2)}$, ou $(y + \Delta y)^2 - y^2 = (\Delta x)^2$; mais le premier membre eſt la différence finie de y^2, & d'ailleurs on a Δx = conſtante = a; on aura donc $\Delta \cdot y^2 = a \Delta x$; équation aux différences finies, dans laquelle x eſt la variable principale, parce que c'eſt d'après la différence finie de x qu'a été priſe la différence finie de y^2; d'où l'on voit que le caractere Δ n'eſt pas abſolu, mais que c'eſt un ſigne relatif, dont on ne peut donner l'idée, qu'en donnant la valeur de Δx.

Cela poſé, la différence finie de la variable principale étant conſtante, ou Δx étant = a, ſoit propoſé d'intégrer l'équation $\Delta V = A \Delta U$, A étant une conſtante, & les quantités V & U, des fonctions données en x & y, il eſt évident que l'équation $V = AU$, ſatisfait à la différencielle, & par conſéquent eſt une intégrale de la propoſée; mais cette intégrale n'eſt pas complète, parce que, ſi ω eſt une quantité qui ne varie point, lorſque x devient $x + \Delta x$, l'équation $V = AU + \omega$ ſatisfera de même à la propoſée, comme on peut s'en aſſurer

par la différenciation : donc, après avoir intégré une équation aux différences finies, il faut, pour la compléter, ajouter une quantité ω, telle que l'on ait $\Delta\omega = 0$: ainſi, l'intégrale complète de $\Delta \cdot y^2 = a\Delta x$, ou l'équation de la courbe demandée AMN, eſt $y^2 = ax + \omega$.

Actuellement, pour trouver la quantité ω, ſoit AD la ligne des x, dont le point A ſoit l'origine, & concevons un cercle tangent à cette droite, dont la circonférence ſoit $= a$, & dans lequel on ait mené le diamètre AF perpendiculaire à AD; concevons enſuite que ce cercle roule ſur la droite AD, comme on le ſuppoſe ordinairement pour la génération de la cycloïde, & que le diamètre AF ſoit mobile avec lui, il eſt évident que le point A de la circonférence reviendra ſucceſſivement toucher la droite en des points B, C, D, . . . &c. diſtans entr'eux de la quantité a : il en eſt de même de tous les points de la circonférence; ainſi, le point M s'appliquant en m, retouchera encore la droite AD, dans les points m', m'', . . . &c. diſtans entr'eux de la quantité a; de manière que ſi l'on a $Am = x$, on aura $Am' = x + \Delta x$; pareillement, ſi l'on a $Am' = x$, on aura auſſi $Am'' = x + \Delta x$: de plus, quelque part que ſoit le cercle, ſi l'on abaiſſe du point de contact une perpendiculaire ſur le diamètre af, cette perpendiculaire variera de longueur, ſuivant les différentes poſitions du cercle; mais, ſi elle eſt mi lorſque le cercle eſt en m, $m'i'$ lorſqu'il eſt en m', $m''i''$ lorſqu'il eſt en m'' . . . &c. on aura, $mi = m'i' = m''i'' = MI$: donc cette perpendiculaire ne variera pas, lorſque la quantité x deviendra $x + \Delta x$: donc ſa différence finie ſera $= 0$: ainſi, la quantité MI pourroit être priſe pour ω, & l'équation $V = AU + MI$, ſeroit auſſi une intégrale de l'équation $\Delta \cdot V = A\Delta \cdot U$; mais nous allons voir que cette intégrale n'eſt pas encore complète. *Fig.* 2.

En effet, ſi au-lieu de faire rouler un cercle ſur la droite AD, l'on eût pris une toute autre figure, continue ou diſcontinue, rentrante en elle-même, comme dans la *Fig.* 3,

ou non rentrante, & terminée brusquement en a, comme
Fig. 3 & 4. dans la *Fig.* 4, mais dont le contour auroit été égal à $\Delta x = a$, l'on auroit eu le même résultat; c'est-à-dire, que l'on auroit trouvé la perpendiculaire MI variable pour les différens x, mais toujours la même, lorsque x devient $x + \Delta x$: or, suivant que ces courbes mobiles AEFG seroient continues ou discontinues, la perpendicnlaire MI seroit soumise ou non à une loi de continuité: *donc la constante* ω, *que l'on doit ajouter à l'intégrale d'une équation aux différences finies, pour la rendre complète, doit être regardée comme pouvant être continue ou discontinue.*

Pour donner l'expression générale de ces différentes valeurs de MI, ne considérons plus que la *Fig.* 2, où nous suppo-
Fig. 2, 5, 6. sons que ce soit un cercle, qui roule sur la droite AD, & soit, de plus (*Fig.* 5), une courbe quelconque NOP, continue ou discontinue; on peut même supposer qu'il y ait, comme dans la *Fig.* 6, des solutions de contiguité, de manière qu'elle soit composée d'arcs NT′, TS′, SP, ... &c. non-seulement discontinus, mais encore discontigus; soit QR la ligne de x, dont le point Q soit l'origine, & soit $y = \varphi \cdot x$ le symbole de l'équation de cette courbe, en sorte que l'on ait $OR = \varphi(QR)$; cela posé, il est clair que si l'on prend la perpendiculaire MI (*Fig.* 2), & qu'on la porte de Q en R, l'ordonnée OR sera constante, tant que QR = MI sera constante: donc la quantité OR ne variera pas, lorsque x deviendra $x + \Delta x$; donc on aura $\Delta \cdot (OR) = 0$; donc OR est une quantité qu'on pourroit prendre à la place de ω, pour compléter l'intégrale, qui seroit $V = AU + \varphi(QR) = AU + \varphi(MI)$, la fonction φ étant quelconque, & pouvant être continue ou discontinue.

Il est à remarquer, 1.° Que non-seulement la perpendiculaire MI redevient égale à elle-même, lorsque x devient $= x + \Delta x$, mais encore lorsque x devient $= \frac{a}{2} - x$; 2.° Que la droite HI redevient aussi égale à elle-même, lorsque x devient $= x + \Delta x$; mais non pas lorsque x devient $\frac{a}{2} - x$;

donc une fonction quelconque des deux droites MI & HI, ſera conſtante relativement à Δx; c'eſt-à-dire, que l'on aura $\Delta \cdot \varphi(\text{MI \& HI}) = 0$; donc l'intégrale complète de la ſuppoſée ſera $V = AU + \varphi(\text{MI \& HI})$, la fonction φ étant quelconque: or MI eſt le ſinus de l'arc AM, ou de x, en prenant HM pour rayon, & HI le coſinus du même arc; donc π étant le rapport de la circonférence au rayon, on aura ..... $\text{MI} = \frac{a}{\pi} \mathit{ſin}\left(\frac{\pi x}{a}\right)$ & $\text{HI} = \frac{a}{\pi} \mathit{coſ}\left(\frac{\pi x}{a}\right)$; donc l'intégrale demandée ſera $V = AU \cdot \varphi\left(\mathit{ſin}\left(\frac{\pi x}{a}\right) \text{ \& } \mathit{coſ}\left(\frac{\pi x}{a}\right)\right)$: ainſi, l'équation de la courbe AMN (*Fig.* 1), ou l'intégrale complète de $\Delta \cdot (y^2) = a\Delta x$ ſera $y^2 = ax + \varphi\left(\mathit{ſin}\left(\frac{\pi x}{a}\right) \text{ \& } \mathit{coſ}\left(\frac{\pi x}{a}\right)\right)$. (*Voyez* la conſtruction de cette équation, dans le Problême IX).

Juſqu'ici je n'ai rien dit qui ne fût connu des Géomètres, ſeulement je ne penſe pas que l'on ait remarqué que la fonction arbitraire, qui complète cette intégrale, pouvoit être continue ou diſcontinue.

Corollaire premier.

Il ſuit delà que la détermination des fonctions arbitraires, qui entrent dans les intégrales des équations aux différences partielles, & qui peuvent être continues ou diſcontinues, dépend d'un calcul qui introduit de nouvelles fonctions arbitraires, qui peuvent, comme les premières, être ou n'être pas ſoumiſes à la loi de continuité; mais avec cette différence, que les quantités dont ſont compoſées les premières, ſont à deux variables, & que celles qui entrent dans celles-ci n'en contiennent qu'une.

Corollaire II.

Puiſque, pour trouver la quantité ω, qui doit entrer dans la fonction arbitraire qu'on ajoute pour compléter l'intégrale

d'une équation aux différences finies, il suffit de faire $\Delta\omega = 0$; Δx étant donné, sans avoir égard à l'équation que l'on a intégrée, il suit que cette quantité ne dépend nullement de l'équation intégrée, & qu'elle sera la même pour toutes les équations dans lesquelles la différence finie de x sera la même.

Corollaire III.

Le calcul intégral des équations aux différences finies, renferme donc trois opérations principales; 1.° L'intégration proprement dite; 2.° La recherche de la fonction arbitraire, qu'il faut ajouter pour compléter l'intégrale dans une certaine hypothèse donnée de la différence finie de la variable principale; 3.° Enfin la détermination de cette fonction, pour que l'équation satisfasse aux conditions particulières de la question.

Sur la première de ces opérations, on peut consulter les Mémoires de MM. *de Lagrange* & *de Condorcet*; on en verra d'ailleurs quelques exemples dans la suite de ce Mémoire, dont les deux autres opérations font l'objet principal.

Problème fondamental.

Étant donné le rapport de la variable principale x, *à sa différence* Δx, *pour une équation aux différences finies à deux variables, trouver la fonction arbitraire qu'il faut ajouter pour compléter son intégrale.*

Solution.

Fig. 7. Soit BCDE un cercle, dont le point A soit le centre, & auquel on rapporte l'equation polaire d'une courbe ASHEMLRP, de manière que B étant l'origine, l'arc BN, & la droite AM correspondante, soient les coordonnées de la courbe; cela posé, il est évident que si la courbe fait plusieurs circonvolutions autour du pole A, pour le même point N, la droite AM coupera plusieurs fois la courbe, comme en S, M, P.. &c.

c'est-à-dire,

c'eſt-à-dire, qu'à une même abciſſe BN, répondront pluſieurs points S, M, P .. &c. de la courbe; d'où il ſuit, que ſi l'on abaiſſe ſur AB une perpendiculaire NQ, les deux droites NQ & AQ, qui auront ſucceſſivement différentes valeurs pour les différens points de la courbe, reprendront les mêmes valeurs dans les points S, M, P ... &c. ce que je viens de dire du point M, doit s'entendre de tous les points de la courbe qui répondent à la même abciſſe circulaire; ainſi, par exemple, ſi pour une autre abciſſe Bn, on abaiſſe la perpendiculaire nq, & qu'on mène l'ordonnée An prolongée juſqu'à ce qu'elle coupe la courbe dans les points $ſ$, m, p ... &c. pour tous ces points, les droites nq & Aq auront les mêmes valeurs, quoique ces valeurs ſoient différentes de celles qui leur conviennent pour les points S, M, P ... &c. Si donc on conçoit que la courbe roule ſur la droite AB, prolongée s'il eſt néceſſaire, de manière que tous ſes points s'appliquent ſucceſſivement ſur ceux de la droite, & que les points M′, m', P′, p' ſoient ceux où les points correſpondans M, m, P, p touchent la droite dans ce mouvement, il eſt clair que pour les points M′ & P′, une fonction quelconque des droites NQ & AQ, aura la même valeur, quoique cette valeur puiſſe être différente pour tous les autres points. Semblablement une fonction quelconque des droites nq & Aq aura la même valeur pour les points m' & p': donc, ſi la courbe eſt telle, que AM′ étant la variable principale x, dans une équation aux différences finies propoſée, M′P′ ſoit la différence finie Δx; une fonction quelconque continue ou diſcontinue des droites NQ & AQ, aura la même valeur pour les deux hypothèſes de $x = x$ & $x = x + \Delta x$; donc ſa différence finie ſera $= 0$; donc on pourra l'ajouter à l'intégrale, pour la compléter. La queſtion eſt donc réduite à trouver l'équation de la courbe ASHEM, afin d'avoir l'expreſſion de NQ & de AQ.

Or AM′ eſt le développement de la partie ASHEM de la courbe, qui répond à l'abciſſe BN, & M′P′ eſt le développement de la partie MLRP, qui répond à l'accroiſſement de

l'abciſſe = à la circonférence entière BCDEB; donc, pour ſatisfaire à la queſtion, la courbe ASHEM doit être telle que la partie ASHEM étant $= x$, la partie MLRP ſoit $= \Delta x$; c'eſt-à-dire, qu'en nommant a le contour du cercle BCDE, & l'abciſſe BN $= \omega$, cette courbe doit être telle que ſon contour pour une abciſſe ω étant $= x$, ſon contour pour une abciſſe $= \omega + a$ ſoit $= x + \Delta x$: mais on connoît le rapport de x à Δx, par hypothèſe; donc, en intégrant l'équation aux différences finies, qui donne ce rapport, on aura l'équation de la courbe, qui ſervira à connoître les valeurs des droites NQ & AQ, & par conſéquent celle de la fonction arbitraire, qui doit compléter l'intégrale de la propoſée: ceci s'éclaircira par quelques applications.

PROBLÈME II.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = x$, *trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale d'une équation aux différences finies propoſée.*

SOLUTION.

Suivant ce qui vient d'être dit dans le Problème précédent, on intégrera l'équation $\Delta x - x = 0$, en regardant comme conſtante la différence finie de la variable principale ω; pour cela, on fera $x = e^u$, d'où l'on tirera $\Delta x = e^{u+\Delta u} - e^u$; &, ſubſtituant cette valeur dans $\Delta x - x = 0$, on aura $e^{u+\Delta u} - 2e^u = 0$; diviſant par e^u, & paſſant aux nombres $\frac{\Delta u}{L.2} = 1$; mais, puiſque l'on a $\Delta\omega = a$, on aura $\frac{\Delta u}{a} = 1$, & par conſéquent $\frac{\Delta u}{L.2} = \frac{\Delta\omega}{a}$, d'où l'on tirera, en intégrant, $au = \omega L.2$: je néglige ici la conſtante arbitraire, parce qu'il n'eſt pas néceſſaire de connoître toutes les courbes poſſibles, qui pourroient remplir le même objet que celle de la Figure 7; mais qu'il ſuffit d'en avoir une: l'équation de cette courbe eſt donc $u = \frac{\omega L.2}{a}$, ou, mettant pour u ſa valeur, $Lx = \omega\frac{L.2}{a}$, ou enfin $x = 2e^{\frac{\omega}{a}}$, e étant le nombre

dont le logarithme eſt = 1. Actuellement x étant donné, pour trouver les valeurs des droites NQ & AQ, il faut remarquer qu'elles ſont les ſinus & coſinus de l'arc BN, ou de l'arc ω, en prenant AN pour rayon; or l'équation $x = 2e^{\frac{\omega}{\pi}}$, donne $\omega = a^{\frac{L.x}{L.2}}$; donc, en exprimant par π le rapport de la circonférence au rayon, on aura $NQ = \frac{a}{\pi} \mathit{ſin} \frac{\pi L.x}{L.2}$ & $AQ = \frac{a}{\pi} \mathit{coſ} \frac{\pi L.x}{L.2}$; d'où il ſuit que la fonction arbitraire demandée ſera ..... $\varphi\left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.x}{L.2} \text{ \& } \mathit{coſ} \frac{\pi L.x}{L.2}\right)$.

En effet, ſi dans cette quantité on met par-tout $x+x$, ou $2x$, à la place de x, elle deviendra $\varphi\left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.2x}{L.2} \text{ \& } \mathit{coſ} \frac{\pi L.2x}{L.2}\right)$, ou $\varphi\left(\mathit{ſin}\left(\pi + \frac{\pi L.x}{L.2}\right) \text{ \& } \mathit{coſ}\left(\pi + \frac{\pi L.x}{L.x}\right)\right)$, & par conſéquent ne changera pas de valeur: donc, &c.

Corollaire.

Il ſuit delà que la recherche de la fonction arbitraire qu'il faut ajouter, pour compléter l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la différence finie de la variable principale eſt variable, dépend de l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la différence finie de la variable principale, eſt conſtante.

Problême III.

Le rapport de la variable principale à ſa différence finie étant exprimé par l'équation $\Delta x = a + bx$, *trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale, ou, ce qui revient au même, intégrer* $\Delta y = 0$.

Solution.

On cherchera l'équation de la courbe ASHEM, en intégrant l'équation $\Delta x = a + bx$, par rapport à une différence finie conſtante; pour cela, on fera $a + bx = e^{\omega}$; ce qui donnera

$\Delta x = \frac{e^{u+\Delta u} - e^u}{b}$; d'où l'on tirera, en ſubſtituant cette valeur dans la propoſée, $e^{u+\Delta u} = (b+1)\,e^u$: & enfin $\frac{\Delta u}{L.(b+1)} = 1$: mais ω étant la variable principale de cette équation, on aura $\omega = a$, ou $\frac{\Delta\omega}{a} = 1$; on aura donc $\frac{\Delta u}{L.(b+1)} = \frac{\Delta\omega}{a}$, dont l'intégrale ..... $\omega = \frac{au}{L.(b+1)} = \frac{a\,L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ ſera l'équation de la courbe ASHEM, & donnera, en x, la valeur de l'arc $BN = \omega$; ainſi, en nommant π le rapport de la circonférence au rayon, on trouvera $QN = \frac{a}{\pi}\,\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ & $AQ = \frac{a}{\pi}\,\mathit{coſ}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}$, & par conſéquent la fonction arbitraire demandée ſera .....

$$\varphi\left(\mathit{ſin}\,\tfrac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \mathit{coſ}\,\tfrac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right):$$

En effet on peut s'aſſurer, en mettant dans cette quantité $x+a+bx$, à la place de x, qu'elle ne change pas de valeur, & que ſa différence finie eſt $= 0$.

PROBLÊME IV.

Le rapport de variable principale à ſa différence finie étant exprimé par $\Delta x = ax^n - x$, *trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale, ou autrement intégrer* $\Delta y = 0$.

SOLUTION.

On intégrera d'abord l'équation $\Delta x = ax^n - x$, en regardant comme conſtante la différence finie de la variable principale, &, pour cela, on fera, comme précédemment, $x = e^u$, d'où l'on tirera, par ſubſtitution, $e^{n+\Delta u} = ae^{nu}$; ce qui donnera $\Delta u = L\cdot a + (n-1)\,u$: on fera encore $L\cdot a + (n-1)\,u = e^{u'}$; d'où, prenant la valeur de u, & la ſubſtituant dans ..... $\Delta u = L\cdot a + (n-1)\,u$, l'on aura $\frac{\Delta u'}{L.n} = 1$; mais ω étant la variable principale, & a ſa différence finie, on aura auſſi $\frac{\Delta\omega}{a} = 1$: donc on aura $\frac{\Delta u'}{L.n} = \frac{\Delta\omega}{a}$, dont l'intégrale eſt $\omega = \frac{au'}{L.n}$: mettant, pour u', ſa valeur $L\cdot\left(L\cdot a + (n-1)\,u\right)$, &, pour u, ſa valeur

L·x, on aura enfin $\omega = \frac{a\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}$ pour équation de la courbe ASHEM, & pour valeur de l'arc BN : ainſi, π étant la circonférence, dont le rayon = 1, on aura ..... $\text{QN} = \frac{a}{\pi} \mathit{ſin} \frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}$ & $\text{AQ} = \frac{a}{\pi} \mathit{coſ} \frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}$, & par conſéquent la fonction arbitraire demandée ſera .....

$$\varphi\left(\mathit{ſin}\frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n} \;\&\; \mathit{coſ}\frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}\right):$$

Si l'on met en effet dans cette fonction, pour x, ſa valeur $x + \Delta x = ax^n$, elle deviendra .....

$\varphi\left(\mathit{ſin}\frac{\pi\text{L.L.}(a^n x^{n(n-1)})}{\text{L.}n} \;\&\; \mathit{coſ}\frac{\pi\text{L.L.}(a^n x^{n(n-1)})}{\text{L.}n}\right)$, &, réduction faite, $\varphi\left(\mathit{ſin}\left(\pi + \frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}\right) \;\&\; \mathit{coſ}\left(\pi + \frac{\pi\text{L.L.}(ax^{n-1})}{\text{L.}n}\right)\right)$; par conſéquent elle ne changera pas de valeur, & ſa différence finie ſera = 0.

Ces exemples ſuffiſent pour faire voir la généralité de la méthode, qui ne laiſſeroit plus rien à deſirer, ſi l'on ſavoit intégrer une équation quelconque aux différences finies, la différence finie de la variable principale étant conſtante. Avant de paſſer à la conſtruction de ces fonctions, je vais faire quelques applications de ce qui précède, en intégrant complétement quelques équations aux différences finies de divers ordres.

PROBLÊME V.

Intégrer complétement l'équation $\Delta y + Ay + B = 0$, *dans les cas où la différence finie de la variable principale ſeroit*, 1.° = conſtante = a; 2.° = a + bx; 3.° = $ax^n - x$.

SOLUTION.

Soit fait $Ay + B = e^u$; ce qui donnera $\frac{e^{u+\Delta u} - e^u}{A} + e^u = 0$, &

par conſéquent $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = 1$; ſoit x la variable principale : cela poſé, pour le premier cas, on a $\Delta x = a$, ou $\frac{\Delta x}{a} = 1$, & par conſéquent $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = \frac{\Delta x}{a}$, dont l'intégrale ſera $u = \frac{x\,L.(1-A)}{a}$; &, mettant pour u ſa valeur, $L.(Ay+B) = \frac{x}{a} L.(1-A)$, ou enfin $Ay+B = (1-A)^{\frac{x}{a}}$: or nous avons vu que, pour compléter cette intégrale, il falloit ajouter la fonction arbitraire $\varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi x}{a}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi x}{a}\right)$; donc l'intégrale complète, dans le premier cas, ſera $Ay+B = (1-A)^{\frac{x}{a}} \times \varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi x}{a}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi x}{a}\right)$.

Pour le ſecond cas, on fera $a+bx = e^{\omega}$, d'où l'on tirera $\Delta\omega = L.(b+1)$, ou $\frac{\Delta\omega}{L.(b+1)} = 1$; ainſi, ayant d'ailleurs $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = 1$, on aura $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = \frac{\Delta\omega}{L.(b+1)}$, dont l'intégrale ſera $u = \omega\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}$, & mettant pour u & ω leurs valeurs $L.(Ay+B) = L.(a+bx)\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}$: or nous avons vu *(Prob. III)*, que la fonction arbitraire qu'il faut ajouter pour compléter l'intégrale, eſt ..... $\varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right)$; donc on aura, pour intégrale complète, ... $L.(Ay+B) = L.(a+bx)\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)} + L.\varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right)$; &, paſſant aux nombres, ... $Ay+B = (a+bx)^{\frac{L.(1-A)}{L.b+1}} \times \varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right)$.

Pour le troiſième cas ; c'eſt-à-dire, lorſque l'on a $\Delta x = ax^n - x$, on fera $x = e^{\omega}$, d'où l'on tirera $\Delta\omega = (n-1)\omega + La$: faiſant enſuite $(n-1)\omega + La = e^{\omega'}$, on aura $\Delta\omega' = L.n$, ou $\frac{\Delta\omega'}{L.n} = 1$: or on a $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = 1$; par conſéquent on aura $\frac{\Delta u}{L.(1-A)} = \frac{\Delta\omega'}{L.n}$, dont l'intégrale eſt $u = \omega'\frac{L.(1-A)}{L.n}$; &, mettant pour u & ω' leurs valeurs, $L.(Ay+B) = L.L.ax^{n-1} \times \frac{L.(1-A)}{L.n}$; ajoutant enfin la fonction arbitraire du Problême IV, on aura, pour intégrale complète, ...

$$L.(Ay+B) = L.L.(ax^{n-1})\frac{L.(1-A)}{L.n} + L.\varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right);$$

enfin, paſſant aux nombres, ...

$$Ay+B=(L\cdot(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-A)}{L.n}}\times\varphi\left(\sin\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\ \&\ \cos\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right).$$

PROBLÊME VI.

La différence finie de la variable principale étant .... $\Delta x=a+bx$, *intégrer complétement l'équation générale* $\Delta^m y+A\Delta^{m-1}y+B\Delta^{m-2}y+C\Delta^{m-3}y\ldots\ldots+Ky=0$, *dans laquelle les coefficiens* A, B, C..... K *ſont conſtans.*

SOLUTION.

Soit fait (A) $\Delta^{m-1}y+f\Delta^{m-2}y+g\Delta^{m-3}y+h\Delta^{m-4}y\ldots\mp ly=V$, f, g, $h\ldots l$ étant des coefficiens indéterminés, & ſoit priſe la différence finie de cette équation, en ſuppoſant que l'on ait $\Delta x=a+bx$; ce qui donnera .....

(B) $\Delta^m y+f\Delta^{m-1}y+g\Delta^{m-2}y+h\Delta^{m-3}y\ldots.\ l\Delta y=\Delta V$:

Soit enſuite multiplié (A) par le coefficient indéterminé M; & ſoit ajouté le produit à (B), l'on aura .....

$$\Delta^m y+\left\{\begin{matrix}f\\M\end{matrix}\right\}\Delta^{m-1}y+\left\{\begin{matrix}g\\fM\end{matrix}\right\}\Delta^{m-2}y+\left\{\begin{matrix}h\\gM\end{matrix}\right\}\Delta^{m-3}y\ldots+lMy=\Delta V+MV:$$

Cela fait, on déterminera les indéterminées f, g, $h\ldots l$ & M, de manière que les coefficiens du premier membre de cette équation ſoient égaux aux coefficiens de la propoſée; c'eſt-à-dire, de manière que l'on ait les équations ſuivantes,

$$f+M=A,\ g+fM=B,\ h+gM=C\ldots.\ lM=K,$$

D'où l'on tire, pour M, l'équation .....

$$M^m-AM^{m-1}+BM^{m-2}-CM^{m-3}\ldots\ldots\pm K=0,$$

Et l'on aura par conſéquent, pour M, autant de valeurs μ, μ', μ'', μ''', &c. qu'il y a d'unités dans m: quant aux autres indéterminées, f, g, $h\ldots\ldots l$, il eſt évident que leurs valeurs dépendent de celle de M; mais, pour mieux reconnoître leur formation, il eſt bon de remarquer qu'elles

doivent être telles que l'on ait .....

$$(M^{m-1} - fM^{m-2} + gM^{m-3} - hM^{m-4} \ldots . \pm l) \times (M - \mu) = M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots . \pm K;$$

De manière que, ſuivant que l'on prendra, pour M, les valeurs μ, μ', μ'', &c. ou que le facteur que l'on aura employé, dans cette dernière équation, ſera $M-\mu$, ou $M-\mu'$, ou $M-\mu''$, &c. les valeurs des coefficiens f, g, h .... l ſeront différentes. Pour être plus clair encore, obſervons qu'ayant $(M-\mu)\times(M-\mu')\times(M-\mu'')\times(M-\mu''')$ ... &c. $= o$: Si l'on prend, pour M, la valeur que donne un de ces facteurs quelconque, les coefficiens f, g, h .... l doivent être tels que le produit des autres facteurs ſoit .....

$$= M^{m-1} - fM^{m-2} + gM^{m-3} - hM^{m-4} \ldots . \pm l.$$

Cela poſé, la propoſée ſe transformera donc en l'équation $\Delta V + MV = o$, dans laquelle on pourra mettre ſucceſſivement, pour M, ſes valeurs μ, μ', μ'', &c. ſoit miſe la première valeur μ, & ſoit intégrée l'équation $\Delta V + \mu V = o$, par le procédé du ſecond cas du Problême précédent, & l'on aura $\mu V = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi\left(\mathit{ſin}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)} \text{ \& } \mathit{coſ}\,\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right)$: Supprimant le coefficient μ du premier membre, parce qu'il eſt abſorbé par la fonction arbitraire, & repréſentant, pour abréger, par le caractère unique φ, toute la fonction elle-même, l'intégrale ſera $V = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi$: mettant enfin, pour V, ſa valeur, on aura, pour intégrale première & complète,

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi;$$

Mais, au lieu de prendre, pour M, la valeur μ, ſi l'on prend ſucceſſivement les autres valeurs μ', μ'', μ''', &c. on aura autant d'intégrales premières & complètes de la propoſée, qu'il

qu'il y a d'unités dans m, & les intégrales ſeront .....

$$\Delta^{m-1}y + f'\Delta^{m-2}y + g'\Delta^{m-3}y + h'\Delta^{m-4}y \ldots + l'y = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.(b+1)}} \times \psi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f''\Delta^{m-2}y + g''\Delta^{m-3}y + h''\Delta^{m-4}y \ldots + l''y = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.(b+1)}} \times F,$$

.....

Dans leſquelles les caractères ψ, F, &c. indiquent des fonctions différentes, mais de la même quantité que φ; de plus, dans les intégrales, le nombre des différences finies de y, eſt $m-1$; donc, en éliminant, à la manière de M. *de Lagrange*, toutes ces différences, il reſtera une équation, qui contiendra la valeur de y, en fonctions de x, & cette valeur .....

$$y = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi + (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.(b+1)}} \times \psi + (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.(b+1)}} \times F, \text{ &c.}$$

Sera l'intégrale demandée.

Remarque première.

Si le ſecond membre de la propoſée, au lieu d'être $=0$, étoit $=L$, conſtante quelconque, il eût été pareillement facile de l'intégrer totalement, par la même méthode, avec cette différence ſeulement, que dans la première transformée, qui auroit été $\Delta V + MV = L$, il eût fallu faire $MV - L = e^{v}$, pour avoir la ſeconde, comme dans le ſecond cas du Problême V.

Remarque II.

La Solution du Problême précédent ſuppoſe que toutes les racines de l'équation .....
$M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$, ſont inégales entr'elles; car, ſi quelques-unes de ces racines, ou des quantités μ, μ', μ'', μ''', &c. qui en ſont les valeurs, étoient égales, quelques-uns des termes du ſecond membre de l'intégrale, ſe confondroient; par conſéquent le nombre des fonctions arbitraires φ, ψ, F, &c. ſeroit moindre que le degré

de la propoſée, & l'intégrale ne ſeroit plus complète : pour remédier à cet inconvénient, je vais ſuppoſer que toutes les racines ſont égales entr'elles, & exprimées par μ, & qu'après avoir intégré une fois, par la méthode précédente, l'on ait, pour intégrale première & complète, ...

$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y \ldots + ly = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi$;

Équation qu'il faut intégrer de nouveau, & dans laquelle les quantités f, g, $h \ldots l$, ſont les coefficiens des différentes puiſſances de M, dans la quantité $(M-\mu)^{m-1}$.

Soit transformée cette équation, en faiſant ..... $\Delta^{m-2}y + f'\Delta^{m-3}y + g'\Delta^{m-4}y \ldots + l'y = V'$, & elle deviendra de cette forme, $\Delta V' + \mu V' = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi$; équation que l'on intégrera facilement, ſi l'on rend le ſecond membre de même forme que le premier : pour cela, ſoit repréſenté par R, ce ſecond membre, de manière que l'équation à intégrer ſoit $\Delta V' + \mu V' = R$ [La quantité R eſt telle, comme on peut le reconnoître par différenciation, que l'on a .... $\Delta R = -\mu R$] ; ſoit enſuite ajoutée & retranchée la quantité rR ; ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$; & ſoit déterminée r, de manière que le premier terme $(r+1)R$, ſoit la différence finie du ſecond, $-rR$, diviſé par μ, ou que l'on ait $(r+1)R = -\frac{\Delta(rR)}{\mu}$; on aura $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$, dont l'intégrale $r = \frac{\mu}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ donne la valeur de r, qu'il faut ſubſtituer dans l'équation précédente, qui deviendra par-là ....

$$\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{R}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right) + \frac{\mu R}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)},$$

Ou, parce que la quantité R contient une fonction arbitraire, qui abſorbe tous les coefficiens conſtans, ...

$$\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(RL.(a+bx)\right) + \mu RL.(a+bx),$$

Ou enfin, $\Delta\left(V' - RL.(a+bx)\right) + \mu\left(V' - RL.(a+bx)\right) = 0$.

Or cette équation eſt de même forme que celle du Problème V ; donc ſon intégrale complète ſera .....

$V' - RL\cdot(a+bx) = (a+bx)^{\frac{L\cdot(1+\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \downarrow$, la fonction $\downarrow$ étant compoſée de la même quantité que φ; remettant enfin, à la place de R, ſa valeur, on aura, pour intégrale ſeconde & complète de la propoſée, ...

$V' = (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \downarrow + L\cdot(a+bx) \times (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \varphi$:

En opérant ſur cette équation, comme ſur la première intégrale, on trouvera, pour intégrale troiſième, ...

$V'' = (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times F + L\cdot(a+bx) \times (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \downarrow + (L\cdot(a+bx))^2 \times (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \varphi$:

Donc l'intégrale totale & complète de l'équation générale

$$\Delta^m y + A\Delta^{m-1} y + B\Delta^{m-2} y + C\Delta^{m-3} y \ldots + Ky = o,$$

Lorſque les coefficiens A, B, C .... K ſont tels que les racines de l'équation .....

$M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = o$ ſont toutes égales, eſt .....

$$y = (a+bx)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot(b+1)}} \times \left(\varphi + L\cdot(a+bx)\downarrow + (L\cdot(a+bx))^2 F + (L\cdot(a+bx))^3 f, \text{ &c.}\right),$$

Dans laquelle le nombre des fonctions arbitraires φ, $\downarrow$, F, f, &c. doit être égal au degré m de la différencielle.

Si, dans la même hypothèſe, le ſecond membre de la propoſée, au lieu d'être $= o$, étoit $=$ conſtante quelconque, on l'intégreroit de la même manière, en obſervant, de plus, ce qui a été dit dans la Remarque première.

Si toutes les racines n'étoient pas égales, mais qu'il n'y en eût qu'un certain nombre, on intégreroit, par le procédé du Problême, autant de fois qu'il y auroit de racines inégales, &, par celui de la Remarque II, autant de fois qu'il y auroit de racines égales.

Remarque III.

Quelque rapport qu'aient entr'eux les coefficiens A, B, C...K, il ſuit de cette Remarque, qu'il ſera facile d'intégrer la propoſée,

lorſque le ſecond membre, au lieu d'être $= 0$, ou $=$ conſtante quelconque, ſera .....

$= (a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times f + (a+bx)^{\frac{L.(1-N')}{L.(b+1)}} \times f' + (a+bx)^{\frac{L.(1-N'')}{L.(b+1)}} \times f''$, &c.

ou $= (a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times \left(f + (L.(q+bx))^{n} f' + (L.(a+bx))^{n'} f''\right.$, &c.$\left.\right)$,

ou égal à la ſomme de ces deux quantités, dans leſquelles les fonctions f, f', f'', &c. peuvent être arbitraires ou déterminées : l'intégrale ſera d'abord la même que celle que l'on a trouvée dans le Problême précédent, ou dans la Remarque II ; mais il faudra ajouter, dans le premier cas, le terme .....

$L.(a+bx).\left((a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times f + (a+bx)^{\frac{L.(1-N')}{L.(b+1)}} \times f' + (a+bx)^{\frac{L.(1-N'')}{L.(b+1)}} \times f''\right.$, &c.$\left.\right)$;

Dans le ſecond cas, ...

$L.(a+bx).(a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}}\left(f + (L.(a+bx))^{n} f' + (L.(a+bx))^{n'} f''\right.$, &c.$\left.\right)$;

Et, dans le troiſième cas, la ſomme de ces deux termes.

REMARQUE IV.

La Solution du Problême, & tout ce qui a été dit dans les Remarques, doit avoir lieu, quelques valeurs qu'aient les quantités a & b, dans l'expreſſion de la différence finie de la variable principale $\Delta x = a + bx$, excepté le cas où l'on a $b = 0$; c'eſt-à-dire, lorſque cette différence finie eſt conſtante ; car alors on a $L.(b+1) = 0$, & l'intégrale générale devient indéterminée, & ne donne plus rien ; mais, dans ce même cas, il eſt facile d'intégrer la propoſée par le même procédé, appliqué au cas particulier dont il eſt queſtion : après avoir en effet transformé la propoſée, comme dans la Solution du Problême, en $\Delta V + MV = 0$, où le coefficient M peut avoir toutes les valeurs μ, μ', μ'', &c. des racines de l'équation $M^{m} - AM^{m-1} + BM^{m-1} \ldots \pm K = 0$, on intégrera cette équation comme celle du premier cas du Problême V, & l'on aura, pour intégrale complète, ...

$$MV = (1-M)^{\frac{x}{1}} \times \varphi\,(\mathit{fin}\,\tfrac{mx}{a}\ \&\ \mathit{cof}\,\tfrac{mx}{a}),$$

Où, ſupprimant le coefficient M, qui eſt abſorbé par la fonction arbitraire, & repréſentant, pour abréger, par le caractère unique φ, toute la fonction elle-même, on aura .....

$$V = (1-M)^{\frac{x}{a}} \times \varphi :$$

Mettant enfin, pour V, ſa valeur, on aura, pour intégrale première & complète, ...

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (1-M)^{\frac{x}{a}} \times \varphi ;$$

Mais la quantité M pouvant avoir toutes les valeurs ..... μ, μ', μ'', &c. il s'enſuit que l'on peut avoir autant d'intégrales premières & complètes, qu'il y a d'unités dans m, & ces intégrales ſeront .....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \times \varphi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f'\Delta^{m-2}y + g'\Delta^{m-3}y + h'\Delta^{m-4}y \ldots + l'y = (1-\mu')^{\frac{x}{a}} \times \psi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f''\Delta^{m-2}y + g''\Delta^{m-3}y + h''\Delta^{m-4}y \ldots + l''y = (1-\mu'')^{\frac{x}{a}} \times F,$$

.....

Dans leſquelles les caractères φ, ψ, F, indiquent des fonctions différentes de la même quantité ($\mathit{ſin}\,\frac{\pi x}{a}$ & $\mathit{cof}\,\frac{\pi x}{a}$): donc, en éliminant les différences finies de y, il reſtera une équation, qui contiendra la valeur de y en x, & cette équation

$$y = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi + (1-\mu')^{\frac{x}{a}}\psi + (1-\mu'')^{\frac{x}{a}}F, \text{ &c.}$$

Sera l'intégrale demandée.

Si les racines de l'équation .....

$M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$ ſont égales entr'elles, & que l'on ait par conſéquent $\mu = \mu' = \mu''$, &c. les termes de l'intégrale ſe confondent, & l'intégrale reſte incomplète: dans ce cas-là, il faut d'abord intégrer une fois par le procédé précédent, ce qui donnera .....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y \ldots + ly = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \times \varphi, \text{ \&}$$

transformer cette équation en $\Delta V' + \mu V' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$; enſuite rendre le ſecond membre de même forme que le premier: pour cela, on le repréſentera par R, & l'on ajoutera & retranchera l'indéterminée rR; par-là l'équation deviendra .... $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$, & l'on déterminera r de manière que l'on ait $(r+1)R = \frac{\Delta(-rR)}{\mu}$; d'où, parce que l'on a .... $\Delta R = -\mu R$, l'on tirera $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$, & par conſéquent $r = \frac{\mu x}{a(\mu-1)}$: je néglige ici l'arbitraire, parce qu'elle eſt inutile: ainſi, en mettant pour r cette valeur, on aura ..... $\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{-Rx}{a(\mu-1)}\right) - \frac{\mu Rx}{a(\mu-1)}$, ou, parce que la quantité R contient une fonction arbitraire, qui abſorbe les coefficiens conſtans, $\Delta V' + \mu V' = \Delta(-Rx) - \mu Rx$, & enfin .....

$$\Delta(V' + Rx) + \mu(V' + Rx) = 0,$$

dont l'intégrale complète eſt $V' + Rx = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\downarrow$; mettant, pour R, ſa valeur, l'intégrale ſeconde ſera ..... $V' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\downarrow + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$, ou enfin ..... $\Delta^{m-2}y + {}'f\Delta^{m-3}y + {}'g\Delta^{m-4}y$, &c. $= (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\downarrow + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$: On opérera ſur cette intégrale comme ſur la première, en la transformant d'abord en .....

$$\Delta V'' + \mu V'' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\downarrow + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi,$$

Et l'on donnera enſuite, au ſecond membre, la même forme qu'au premier; ce qui ſe fera pour le premier terme, que je repréſente par R, comme pour l'intégrale ſeconde, & il deviendra $\Delta\left(\frac{-Rx}{a(\mu-1)}\right) - \frac{\mu Rx}{a(\mu-1)}$: quant au ſecond $x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$, que je repréſente par $R'x$, on le mettra ſous cette forme, $R'x(r+1) - R'rx$, r étant une indéterminée, qu'on déterminera de telle manière que l'on ait $R'x(r+1) = -\frac{\Delta(R'rx)}{\mu}$; ce qui, parce que l'on a $\Delta R' = -\mu R'$, donnera $x = \frac{\mu-1}{\mu} \times \Delta rx$; or, puiſque l'on a $\Delta x = a$, on aura $x = \Delta \cdot \frac{x^2 - ax}{2a}$, & par

conſéquent $\Delta\cdot\frac{x^2-ax}{2a}=\frac{\mu-1}{\mu}\times\Delta rx$, dont l'intégrale donnera $r=\frac{x-a}{2a}\times\frac{\mu}{\mu-1}$; d'où il ſuit que le ſecond terme $R'x$, ou $x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$, pourra revêtir cette forme, ...

$$-\Delta\big((x-a)R'x\big)-\mu(x-a)R'x:$$

Donc l'intégrale ſeconde deviendra .....

$$\Delta V''-\mu V''=-\Delta\big(xR+(x-a)R'x\big)-\mu\big(xR+(x-a)R'x\big);$$

Ou enfin, parce que les quantités R & R′ contiennent des fonctions arbitraires, & que l'on a $xR+axR'=xR$, ...

$$\Delta(V''+x^2R'+xR)+\mu(V''+x^2R'+xR)=0,$$

Dont l'intégrale $V''+x^2R'+xR=(1-\mu)^{\frac{x}{a}}F$, donne, en ſubſtituant à V″, R′ & R, leurs valeurs .....

$\Delta^{m-3}y+{}^{\prime}f\Delta^{m-4}y+{}^{\prime}g\Delta^{m-5}y$, &c. $=(1-\mu)^{\frac{x}{a}}F+x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\psi+x^2(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$:

Enfin, en continuant ainſi de ſuite, on trouvera, pour intégrale générale & complète .....

$$y=(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi+x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\psi+x^2(1-\mu)^{\frac{x}{a}}F+x^3(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f,\ \&c.$$

Il ſuit de tout ce qu'on vient de dire, que la différence finie de la variable principale étant conſtante, & exprimée par a, il ſera facile d'intégrer la propoſée générale, quand même le ſecond terme ſeroit = conſtante, ou d'une des deux formes ſuivantes: .....

$$(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f+(1-\mu')^{\frac{x}{a}}f'+(1-\mu'')^{\frac{x}{a}}f'',\ \&c.$$

$$x^b(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f+x^c(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f'+x^d(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f'',\ \&c.$$

Les quantités μ, μ', μ'', &c. étant des conſtantes quelconques, & les caractères f, f', f'', &c. indiquant des fonctions quelconques des quantités $\mathit{ſin}\frac{\pi x}{a}$ & $\mathit{coſ}\frac{\pi x}{a}$.

Corollaire.

Il ſuit delà que dans une infinité de cas, il eſt poſſible d'intégrer complétement l'équation ....
$\alpha\varphi(t+a(h+kt))+\beta\varphi(t+b(h+kt))+\gamma\varphi(t+c(h+kt))$, &c. $=T$,
Rapportée par M. *de Lagrange*, dans le troiſième Vol. des *Mémoires de Turin*, & particulièrement dans les cas où les coefficiens a, b, c, &c. ſont de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, m étant un nombre entier poſitif quelconque pour chaque coefficient.

En effet l'on a généralement ....

$$\varphi(t+\Delta t)=\Delta\varphi t+\varphi t,$$
$$\varphi(t+2\Delta t+\Delta^2 t)=\Delta^2\varphi t+2\Delta\varphi t+\varphi t,$$
$$\varphi(t+3\Delta t+3\Delta^2 t+\Delta^3 t)=\Delta^3\varphi t+3\Delta^2\varphi t+3\Delta\varphi t+\varphi t;$$

Et, en général, ...

(A) $\varphi(t+m\cdot\Delta t+\frac{m\cdot(m-1)}{2}\Delta^2 t+\frac{m\cdot(m-1)\cdot(m-2)}{2\cdot 3}\Delta^3 t,$ &c.$)=\ldots$
$\Delta^m\varphi t+m\Delta^{m-1}\varphi t+\frac{m\cdot(m-1)}{2}\Delta^{m-2}\varphi t+\frac{m\cdot(m-1)\cdot(m-2)}{2\cdot 3}\Delta^{m-3}\varphi t\ldots+\varphi t$:

Or ſi, comme dans le cas préſent, on a $\Delta t=h+kt$,

On aura auſſi .... $\begin{cases}\Delta^2 t=k(h+kt);\\ \Delta^3 t=k^2(h+kt);\end{cases}$

Et, en général, ... $\Delta^m t=k^{m-1}(h+kt)$;

Ainſi, le premier membre de l'équation (A), deviendra ...
$\varphi\left(t+(h+kt)\cdot\left(m+\frac{m\cdot(m-1)}{2}k+\frac{m\cdot(m-1)\cdot(m-2)}{2\cdot 3}k^2+\frac{m\cdot(m-1)\cdot(m-2)\cdot(m-3)}{2\cdot 3\cdot 4}k^3,\text{ &c.}\right)\right)$;

Ou $\varphi\left(t+\left(\frac{(k+1)^m-1}{k}\right)\cdot(h+kt)\right)$: donc on aura .....

$\varphi\left(t+\left(\frac{(k+1)^m-1}{k}\right)\cdot(h+kt)\right)=\ldots$

$\Delta^m\varphi t+m\Delta^{m-1}\varphi t+\frac{m\cdot(m-1)}{2}\Delta^{m-2}\varphi t+\frac{m\cdot(m-1)\cdot(m-2)}{2\cdot 3}\Delta^{m-3}\varphi t\ldots+\varphi t$:

Ainſi, le terme général de la propoſée $\alpha\varphi(t+a(h+kt))$, pourra toujours ſe transformer en celui-ci .....

A$\Delta^m\varphi t$

$A\Delta^m\varphi t + B\Delta^{m-1}\varphi t + C\Delta^{m-2}\varphi t + D\Delta^{m-3}\varphi t \ldots + G\varphi t$,

Lorſque le coefficient a ſera de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$.

Donc, lorſque tous les coefficiens a, b, c, &c. ſeront de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, la propoſée pourra ſe rapporter à l'équation du Problême VI, & pourra par conſéquent s'intégrer complétement, comme elle; 1.° Dans le cas de $T=0$; 2.° Dans les cas où T aura les formes indiquées dans les Remarques III & IV: ſur quoi il faut obſerver, 1.° Que lorſque la propoſée n'a que deux termes, il eſt toujours poſſible de la ramener à cette condition; car il eſt toujours poſſible de la transformer en celle-ci; ..... ; $\alpha\varphi V + \beta\varphi\left(V + (h' + k'V)\right) + \gamma\varphi\left(V + a'(h' + k'V)\right)$, &c. $= U$, qui, lorſqu'elle n'a que deux termes dans le premier membre, ou que l'on a γ, &c. $= 0$, devient $\beta\Delta\varphi V + (\alpha+\beta)\varphi V = U$, & rentre par conſéquent dans les équations que nous avons traitées précédemment.

2.° Que lorſque les coefficiens a, b, c, &c. ſont de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, l'intégrale complète de la propoſée doit contenir des fonctions arbitraires, dont le nombre ne dépend point du nombre des termes de la propoſée, mais de la plus grande valeur qu'a l'expoſant m, dans les différens coefficiens a, b, c, &c. ainſi, il peut ſe faire que quand même la propoſée n'auroit que trois termes, ſon intégrale contînt un très-grand nombre de fonctions arbitraires.

PROBLÊME VII.

La différence finie de la variable principale étant ... $\Delta x = ax^n - x$, *intégrer complétement l'équation générale* $\Delta^m y + A\Delta^{m-1}y + B\Delta^{m-2}y + C\Delta^{m-3}y \ldots + Ky = 0$.

Solution.

On transformera cette équation, comme celle du Problême précédent, en $\Delta V + MV = o$, M étant la valeur d'une des racines de l'équation ..... $M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots\ldots \pm K = o$; &, en procédant comme dans le troiſième cas du Problême V, on trouvera, pour intégrale première & complète, ...

$$MV = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-M)}{L\cdot n}} \times \varphi\left(\sin\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \& \cos\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right).$$

Supprimant le coefficient M, qui eſt déjà renfermé dans la fonction arbitraire; remettant, pour V, ſa valeur, & répréſentant, pour abréger, toute la fonction arbitraire, par le caractère φ, cette intégrale deviendra .....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-M)}{L\cdot n}} \times \varphi;$$

Or la quantité M peut avoir un nombre m de valeurs, repréſentées par μ, μ', μ'', &c. donc on aura un pareil nombre d'intégrales premières & complètes, qui ſeront différentes; ces intégrales ſeront .....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot n}} \times \varphi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f'\Delta^{m-2}y + g'\Delta^{m-3}y + h'\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu')}{L\cdot n}} \times \Psi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f''\Delta^{m-2}y + g''\Delta^{m-3}y + h''\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu'')}{L\cdot n}} \times F,$$

.....

D'où l'on conclura, comme dans le Problême précédent, que l'intégrale générale & complète de la propoſée, eſt ...

$$y = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu')}{L\cdot n}}\varphi + \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu')}{L\cdot n}}\Psi + \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu'')}{L\cdot n}} F, \text{ &c.}$$

Remarque première.

Si le ſecond membre de la propoſée, au lieu d'être $= o$, étoit $= L$, conſtante quelconque, on l'intégreroit totalement

par le même procédé ; car on auroit, pour première transformée, $\Delta V + MV = L$, qui eſt également renfermée dans le troiſième cas du Problême V.

Remarque II.

Si toutes les racines de l'équation ..... $M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$, ſont égales entr'elles ; c'eſt-à-dire, que l'on ait $\mu = \mu' = \mu''$, &c. la méthode précédente eſt inſuffiſante, & ne donne plus l'intégrale complète : pour y remédier, on intégrera d'abord une première fois, & l'on aura, comme nous avons vu, ...

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot n}}\varphi :$$

On transformera de nouveau cette équation, en faiſant ....

$$\Delta^{m-2}y + f'\Delta^{m-3}y + g'\Delta^{m-4}y \ldots . \text{ \&c.} = V' ;$$

Ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L\cdot(1-\mu)}{L\cdot n}}\varphi$, & l'on intégrera de nouveau cette équation ; ce qui ſera facile, ſi l'on donne au ſecond membre une forme ſemblable à celle du premier.

Pour cela, pour abréger, ſoit repréſenté le ſecond membre par R, on aura $\Delta R = -\mu R$, comme on peut le reconnoître par la différenciation, & l'équation deviendra, $\Delta V' + \mu V' = R$: ſoit enſuite ajoutée & retranchée la quantité rR, ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$, & ſoit déterminée r, de manière que l'on ait $(r+1)R = \frac{\Delta(-rR)}{\mu}$, on aura $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$; &, en intégrant $r = \frac{\mu}{\mu-1}\cdot\frac{L.L.(ax^{n-1})}{L.n}$; donc l'équation deviendra $\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{-RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) - \frac{\mu RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}$;

Ou, tranſpoſant, ...

$$\Delta\left(V' + \frac{RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) + \mu\left(V' + \frac{RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) = 0 :$$

Or, par le troiſième cas du Problême V, l'intégrale de cette

équation eſt .....

$$V' + \frac{R\,L.L.(ax^{n-1})}{L.n} = \big(L.(ax^{n-1})\big)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \downarrow :$$

Donc, en mettant, pour V' & R, leurs valeurs, l'intégrale ſeconde & complète de la propoſée, ſera .....

$$\Delta^{m-2}y + f'\Delta^{m-3}y + g'\Delta^{m-4}y \ldots = \big(L.(ax^{n-1})\big)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \downarrow + \big(L.L.(ax^{n-1})\big).\big(L.(ax^{n-1})\big)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi.$$

Pour intégrer une troiſième fois cette équation, on tranſformera le premier membre en $\Delta V'' + \mu V''$, en faiſant ...

$$\Delta^{m-3}y + f''\Delta^{m-4}y + g''\Delta^{m-5}y \ldots = V'',$$

Et l'on fera, pour abréger, ...

$$\big(L.(ax^{n-1})\big)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \downarrow = R,$$

$$\big(L.(ax^{n-1})\big)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi = R',$$

$$L.L.(ax^{n-1}) \ldots = \omega;$$

Ce qui donnera $\Delta R = -\mu R$, $\Delta R' = -\mu R'$ & $\Delta\omega = L.n$, comme on peut s'en aſſurer en différenciant; & l'équation précédente deviendra $\Delta V'' + \mu V'' = R + \omega R'$; équation qu'on intégrera facilement, ſi l'on peut rendre le ſecond membre de même forme que le premier.

Or le premier terme R ne préſente aucune difficulté, puiſque nous venons de voir qu'on peut le transformer en .....
$-\Delta\big(R\,L.L.(ax^{n-1})\big) - \mu\big(R\,L.L.(ax^{n-1})\big)$. [Je néglige le diviſeur $L.n$, à cauſe de la fonction arbitraire compriſe dans R]. Quant au ſecond terme $\omega R'$, ſoit ajouté & retranché $\omega R'r$, il deviendra $\omega R'(r+1) - \omega R'r$; & ſoit déterminé r, de manière que l'on ait $\omega R'(r+1) = \frac{\Delta(-\omega R'r)}{\mu}$; ce qui donnera $\frac{\mu\omega}{\mu-\omega} = \Delta.r\omega$, d'où l'on tirera facilement la valeur de r, par l'intégration.

Pour cela, il faut encore rendre le premier membre de même forme que le ſecond; or on a $\Delta(\omega^2) = 2\omega\Delta\omega + (\Delta\omega)^2$, d'où l'on tire $\omega = \frac{\Delta(\omega^2) - (\Delta\omega)^2}{2\Delta\omega} = \frac{\Delta(\omega^2) - L.n.\Delta\omega}{2L.n} = \Delta\big(\frac{\omega^2 - \omega L.n}{2L.n}\big)$; ainſi,

cette dernière équation devient $\frac{\mu}{\mu-1}\Delta\left(\frac{\omega^2-\omega L.n}{2L.n}\right)=\Delta r\omega$, dont l'intégrale donne $r=\frac{\mu}{\mu-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2L.n}\right)$: donc le ſecond terme $\omega R'$ peut être mis ſous cette forme, ...

$\Delta\left(\frac{-\omega R'}{\alpha-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2L.n}\right)\right)-\frac{\mu\omega R'}{\mu-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2Ln}\right)$, ou, à cauſe que R' contient une fonction arbitraire, $\Delta\left(-\omega R'(\omega-L.n)\right)-\mu\omega R'(\omega-L.n)$: donc l'équation $\Delta V''+\mu V''=R+\omega R'$ deviendra .....

$$\Delta V''+\mu V''=-\Delta(R\omega)-\mu R\omega-\Delta\left(\omega R'(\omega-L.n)\right)-\mu\omega R'(\omega-L.n),$$

Ou enfin, parce qu'à cauſe des fonctions arbitraires, compriſes dans R & R', l'on eſt en droit de faire $\omega R=\pm\omega R'.L.n$,

$$\Delta V''+\mu V''=-\Delta(\omega^2R'+\omega R)-\mu(\omega^2R'+\omega R):$$

Donc, en tranſpoſant, l'on aura .....

$$\Delta(V''+\omega^2R'+\omega R)+\mu(V''+\omega^2R'+\omega R)=0,$$

dont l'intégrale, priſe par le procédé du troiſième cas du Problême V, ſera .....

$$V''+\omega^2R'+\omega R=\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}F:$$

Donc, en remettant, pour V'', R, R' & ω, leurs valeurs, on aura, pour intégrale troiſième de la propoſée, en ſuppoſant que les racines μ, μ', μ'', &c. ſont égales entr'elles, ..

$$\Delta^{m-3}y+f''\Delta^{m-4}y+g''\Delta^{m-5}\ldots\ldots=$$

$$\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}F+\left(L.L.(ax^{n-1})\right).\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\Downarrow+\left(L.L.(ax^{n-1})\right)^2.\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\varphi:$$

En continuant ainſi de ſuite, on trouvera, pour intégrale générale & complète de la propoſée, ...

$$y=\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\left(\varphi+\left(L.L.(ax^{n-1})\right)\Downarrow+\left(L.L.(ax^{n-1})\right)^2F+\left(L.L.(ax^{n-1})\right)^3f,\ \&c.\right).$$

REMARQUE III.

Il ſuit de cette Remarque, que, dans la même hypothèſe de $\Delta x=ax^n-x$, & quelque rapport qu'aient entr'eux les coefficiens A, B, C, &c. de la propoſée, il ſera facile de l'intégrer totalement, non-ſeulement lorſque le ſecond membre ſera $=0$, ou $=$ conſtante quelconque, mais encore lorſqu'il ſera

$(\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N})}{\mathrm{L}.n}} f + (\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N}')}{\mathrm{L}.n}} f' + (\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N}'')}{\mathrm{L}.n}} f''$, &c.

ou $(\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N})}{\mathrm{L}.n}} \left(f + (\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{p} f' + (\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{p'} f'', \text{ &c.}\right)$,

Ou égal à la somme de ces deux quantités, dans lesquelles les quantités N, N′, N″.... p, p', &c. sont des constantes quelconques, & les caractères f, f', f'', &c. des fonctions quelconques données, ou non, des quantités .....

$$\mathit{sin}\,\frac{\pi \mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1})}{\mathrm{L}.n} \;\&\; \mathit{cos}\,\frac{\pi \mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1})}{\mathrm{L}.n};$$

L'intégrale sera d'abord la même que celle qu'on a trouvée dans le Problème précédent, ou dans la Remarque II; mais il faudra ajouter, dans le premier cas, le terme .....

$(\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1})).\left((\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N})}{\mathrm{L}.n}} f + (\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N}')}{\mathrm{L}.n}} f', \text{ &c.}\right)$;

Dans le second cas, ...

$(\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1})).(\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{\frac{\mathrm{L}.(1-\mathrm{N})}{\mathrm{L}.n}} \left(f + (\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{p} f' + (\mathrm{L}.\mathrm{L}.(ax^{n-1}))^{p'} f'', \text{ &c.}\right)$;

Et, dans le troisième cas, la somme de ces deux termes.

Ces exemples suffisent pour faire voir comment les fonctions arbitraires continues ou discontinues entrent dans les intégrales des équations aux différences finies, & la manière de les trouver, lorsque la nature du calcul ne s'y refuse pas. il me reste actuellement à parler de leurs lieux géométriques, & de la manière de les déterminer, pour qu'elles satisfassent aux conditions particulières de la question.

Théorême premier.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = a$, *le lieu géométrique de l'équation* $\Delta y = 0$, *ou de son intégrale,* $y = \varphi(\sin \frac{\pi x}{a} \& \cos \frac{\pi x}{a})$, *est une courbe quelconque* [comme dans les Figures 11, 12 & 13] *de la nature des cicloïdes, & engendrée comme elles par la révolution d'une courbe quel-*

Fig. 11, 12 & 13.

conque continue ou diſcontinue, rentrante ou non rentrante en elle-même, mais dont le contour eſt $= a$.

La démonſtration de ce Théorême, ſuit immédiatement de ce que nous avons dit, au commencement de ce Mémoire, ſur les Figures 2, 3 & 4.

PROBLÊME VIII.

Étant donné $\Delta x = a$, *conſtruire l'équation* $\Delta y = b$, *ou ſon intégrale complète* $y = \frac{bx}{a} + \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \text{ \& } \cos\frac{\pi x}{a}\right)$.

SOLUTION.

Soit AB la ligne des x, A leur origine, & CDEF, &c. une courbe donnée ou priſe à volonté, dont l'équation ſoit $y = \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \text{ \& } \cos\frac{\pi x}{a}\right)$; enfin ſoit conſtruite la droite AM, dont l'équation eſt $y = \frac{bx}{a}$ · cela poſé, ſi l'on mène à la ligne droite, une ordonnée quelconque PM, & qu'on prolonge cette ligne d'une quantité Md, égale à l'ordonnée PD, de la courbe CDEF, le point d ſera dans la courbe demandée, & la courbe $cdef$, qui paſſe par tous les points ſemblablement trouvés, ſera le lieu de la propoſée: en effet, ſi l'on prend PQ $= a$, on aura, par la nature de la courbe CDEF, PD=QF, & par conſéquent Md = Nf: donc, ſi l'on mène les deux droites dI & MH parallèles à AB, on aura fI = NH: or on a fI $= \Delta y$ & NH $= b$: donc on aura $\Delta y = b$. *Fig. 14.*

Cette Solution ſuppoſe que la forme de la fonction φ eſt donnée, & même qu'elle eſt conſtruite; mais ce n'eſt pas ce que comporte, pour l'ordinaire, le genre de calcul dont il eſt ici queſtion, où il s'agit preſque toujours de déterminer au contraire la forme de la fonction φ, pour que le lieu de l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi$, ſatisfaſſe à certaines conditions: voyons d'abord qu'elle eſt la nature des conditions auxquelles peuvent ſatisfaire des équations de ce genre.

Ce ne peut pas être que la courbe demandée paſſe par certains points donnés; car, quelque grand que fût le nombre de ces points, la queſtion ſeroit toujours indéterminée: en effet, ſoient donnés tant de points qu'on voudra d, e, g, &c. & ſoit propoſé de conſtruire la fonction φ, de telle manière que le lieu de l'équation $y=\frac{bx}{a}+\varphi$, paſſe par tous ces points: ſi l'on conſtruit la droite AM, dont l'équation eſt $y=\frac{bx}{a}$; que de tous les points d, e, g, &c. on abaiſſe des perpendiculaires dP, eV, gR, &c. ſur la ligne des abciſſes; que l'on faſſe PD$=$Md, VE$=$Se, RG$=$Tg, &c. ce qui donne les points D, E, G; qu'après avoir diviſé la ligne des abciſſes en parties AP, PQ, QQ′, &c. chacune égale à a, &, à partir du point A, l'on rapporte tous les points D, E, G, &c. ſur une même diviſion, ſur PQ, par exemple, ce qui ſe fera pour le point G, en portant QR de P en r, & faiſant $rg'=$RG, on aura, pour une même diviſion PQ, autant de points D, g', E, &c. qu'il y a de points donnés, & par leſquels on pourra faire paſſer une certaine courbe Dg'EF: cela poſé, ſi pour toutes les autres diviſions AP, QQ′, &c. l'on répète la même courbe Dg'EF, 1.° L'aſſemblage, ou le ſyſtême de toutes les courbes, paſſera par les points D, E, G, &c. comme il eſt évident: 2.° Le ſymbole de l'équation de ce ſyſtême, qui peut être continu ou diſcontinu, ſera $y=\varphi(\mathit{ſin}\frac{\pi x}{a}$ & $\mathit{coſ}\frac{\pi x}{a})$, puiſque l'on a $\Delta y=0$: donc, en conſtruiſant le Problême précédent d'après ce ſyſtême, la courbe que l'on trouvera, 1.° paſſera par les points donnés d, e, g, &c. 2.° ſera compriſe dans l'équation $y=\frac{bx}{a}+\varphi$: or, quel que ſoit le nombre des points D, g', E, &c. par leſquels on propoſe de faire paſſer une courbe Dg'EF, cette courbe eſt toujours indéterminée, parce qu'il y a une infinité de courbes, qui peuvent remplir cette condition: donc auſſi il y a une infinité de courbes c, d, e, f, qui peuvent paſſer par les points donnés d, e, g, &c. & être en même temps compriſes ſous cette équation $y=\frac{bx}{a}+\varphi$: *donc la nature des conditions auxquelles doivent ſatisfaire les intégrales des équations aux différences finies*,

finies, pour que leurs fonctions arbitraires ſe particulariſent, n'eſt pas que les courbes, qui en ſont les lieux, paſſent par des points donnés.

Mais, ſi la partie def, de la courbe, qui répond à une partie quelconque $= a$, de la ligne des abciſſes, eſt déjà conſtruite, il ſera facile de conſtruire la partie $Dg'EF$, correſpondante de la courbe formatrice, & de répéter cette partie pour toutes les autres diviſions de la ligne des abciſſes; par conſéquent le reſte de la courbe ſera déterminé: donc, *lorſque l'on a* $\Delta x = a$, *la nature de la condition, à laquelle doit ſatisfaire l'intégrale d'une équation aux différences finies, eſt de continuer une courbe, continue ou diſcontinue, déjà tracée, & qui ne réponde pas à une partie de la ligne des abciſſes plus grande que* a.

Ainſi, en conſidérant l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi(\sin\frac{\pi x}{a}$ & $\cos\frac{\pi x}{a})$; comme l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la fonction φ eſt juſqu'alors arbitraire, continue ou diſcontinue, voici comment il falloit énoncer le Problême précédent: *Étant déjà conſtruite une partie de courbe quelconque, continue ou diſcontinue, correſpondante à une partie* $= a$ *de la ligne des abciſſes, continuer cette courbe, de manière que le ſymbole de ſon équation ſoit* .....

$$y = \frac{bx}{a} + \varphi(\sin\tfrac{\pi x}{a} \text{ \& } \cos\tfrac{\pi x}{a});$$

Ce qui ne peut ſe faire, ſans que la fonction φ ne ſe particulariſe, & ceſſe d'être arbitraire.

D'après tout ce qu'on vient de dire, la Solution du Problême, ainſi énoncé, ne peut être ſujette à aucune difficulté.

PROBLÊME IX.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = a$, *conſtruire le lieu de l'équation* $\Delta(y^2) = a\Delta x$, *ou de ſon intégrale* $y^2 = ax \pm \varphi(\sin\frac{\pi x}{a}$ & $\cos\frac{\pi x}{a})$.

Solution.

On peut ſuppoſer que la fonction φ ſoit donnée de forme, de manière qu'on puiſſe conſtruire l'équation $y=\varphi$, ou qu'au contraire il faille déterminer la fonction φ, pour que l'équation $y^2=ax\pm\varphi$, appartienne à une courbe déjà commencée, & que l'on ſe propoſe de continuer.

Fig. 8. Dans le premier cas, ſoit AEF, GHI, KNL, RS, &c. le le lieu de l'équation $y=\frac{\varphi}{a}$, nous avons déjà vu que la courbe, à laquelle elle appartient, doit être compoſée de parties égales & ſemblables, correſpondantes à des parties de la ligne des abciſſes, égales à la différence finie a : ſoit conſtruite la parabole ABC, dont l'équation eſt $y^2=ax$; cela poſé, ſi pour une abciſſe quelconque AQ, on veut trouver l'ordonnée QM, de la courbe demandée, on menera cette ordonnée indéfiniment, que coupera quelque part, en N, le lieu de l'équation $y=\frac{\varphi}{a}$; par le point N, on menera une droite Nn, qui fera, avec la ligne des abciſſes, un angle de 45°, en obſervant de la mener du côté de l'origine, pour le ſigne —, & du côté oppoſé, pour le ſigne +: par le point n, on menera l'ordonnée mn de la parabole; enfin on fera QM = mn, & le point M ſera dans la courbe demandée.

En effet, on a, par la propriété de la parabole, $(QM)^2$, ou $(mn)^2=a\times(An)=a(AQ\pm Qn)$: or on a $Qn=QN$, on aura donc $(QM)^2$, ou $y^2=a(x\pm\frac{\varphi}{a})=ax\pm\varphi$.

Il eſt évident que, ſuivant que la fonction φ ſera continue ou diſcontinue, ou que le ſyſtême des courbes ſemblables AEF, GHI, &c. ſera ſoumis ou non à la loi de continuité, la courbe demandée Aef, Bgi, CMl, Df, &c. ſera de même continue ou diſcontinue; mais elle n'en ſatisfera pas moins à la condition dont nous avons parlé au commencement du Mémoire, & qui eſt qu'ayant mené l'ordonnée quelconque Pg,

& porté de P en Q la quantité a, l'on ait $QM = Qg$; car, par la conſtruction, ſi l'on porte de n en p la même quantité a, l'on aura $ph = Pg$, & par conſéquent $Qg = hn$: or, par la propriété de la parabole, on a $nm = nh$; donc on aura auſſi $QM = Qg$.

Dans le ſecond cas, ſi la partie CMl de la courbe, eſt déjà conſtruite, & qu'il faille la continuer, de manière que ſon équation ſoit $y^2 = ax \pm \varphi$, par un point M quelconque, on abaiſſera l'ordonnée MQ, & l'on menera Mm parallélement à la ligne des abciſſes, juſqu'à ce qu'elle coupe la parabole en un point m, par lequel on abaiſſera l'ordonnée mn; on menera nN, qui faſſe un angle de 45° avec la ligne des x; cette droite coupera MQ en un point N, qui appartiendra à la courbe KNL: on trouvera tant de points qu'on voudra de cette courbe, par le même procédé; &, en la répétant pour toutes les parties AG, GR, &c. de la ligne des abciſſes, on aura le lieu de l'équation $y = \pm \frac{\varphi}{a}$, qui ſatisfera à la queſtion; &, en achevant la conſtruction, comme dans le premier cas, on aura la courbe demandée.

PROBLÊME X.

La différence finie de la variable principale étant ....; $\Delta x = 2a - 2x$, *conſtruire le lieu de l'équation* $\Delta y = 0$, *ou de l'équation* ....; $y = \varphi\left(\sin \frac{\pi}{\text{Log.}-1} L\cdot(2a-2x) \text{ \& } \cos \frac{\pi}{\text{Log.}-1} L\cdot(2a-2x)\right)$, *qui eſt ſon intégrale, comme on l'a démontré dans le Problême V.*

SOLUTION.

Soit Ad la ligne des abciſſes & A l'origine; ſoit portée de A en B une partie $= a$; & ſoit menée CB perpendiculaire à AB: cela poſé, ſi l'on conſtruit de part & d'autre deux courbes quelconques, CMD & Cmd, continues ou diſcontinues, mais FIG. 9.

ſymmétriques, le ſyſtême de ces deux courbes ſatisfera à la queſtion.

En effet, ſoit priſe l'abciſſe quelconque $AP = x$, & menée l'ordonnée correſpondante $PM = y$, on aura $PB = a - x$; donc, ſi l'on augmente l'abciſſe de $\Delta x = 2a - 2x$, ou qu'on porte de P en p la quantité $2a - 2x$, on aura $Bp = PB$, & par conſéquent $pm = PM$: donc on aura $y + \Delta y = y$, ou $\Delta y = 0$.

PROBLÊME XI.

Dans la même hypothèſe de la différence finie de la variable principale, conſtruire le lieu de l'équation ..... $\Delta y + 2y - 2B = 0$, *ou de ſon intégrale* ..... $y = B + (a - x)\varphi\left(\text{ſin}\frac{\pi}{\text{Log.}-1} L\cdot(2a-2x) \text{ \& cof}\frac{\pi}{\text{Log.}-1} L\cdot(2a-2x)\right)$.

SOLUTION.

Fig. 10. Soit EFG la ligne des x, & E l'origine; ſoit fait $EF = a$, & ſoit menée la perpendiculaire $FB = B$: cela poſé, ſi par le point B, on mène AC parallélement aux x, & que de part & d'autre des droites FB & AC, on conſtruiſe deux branches de courbes continues ou diſcontinues, mais ſymmétriques, de manière que l'une DMB étant d'un côté de la droite AC, l'autre Bmd ſoit de l'autre côté, le ſyſtême des deux courbes ſera le lieu demandé.

En effet, ſoit $EP = x$ & $PM = y$, on aura $PF = a - x$; &, ſi l'on augmente l'abciſſe x, de la quantité Δx, en faiſant $Pp = 2a - 2x$, on aura $Ep = PF$; ſoit menée l'ordonnée pm, prolongée juſqu'à la rencontre de la droite MN, parallèle aux x: cela poſé, on aura $Nm = -\Delta y = 2QM = 2(y - B)$, & par conſéquent $\Delta y + 2y - 2B = 0$.

On pourroit demander actuellement de déterminer les formes analytiques des fonctions φ, qui ſatisfont aux problèmes

précédens ; mais le plus ſouvent la queſtion n'auroit point de ſolution ; car les formes de ces fonctions ſeront diſcontinues, & n'auront par conſéquent point d'expreſſion analytique, non-ſeulement lorſque les différentes branches des courbes, qui en ſont les lieux, ſeront diſcontinues, chacune en particulier, mais encore lorſque leur ſyſtême ne ſera pas continu : ainſi, dans la Figure x, il faut, non-ſeulement que chacune des courbes DMB, Bmd, ſoit continue, un arc de cercle, par exemple, mais encore que leur ſyſtême DMCmd, ſoit auſſi continu ; c'eſt-à-dire, ſi ce ſont des arcs de cercles, de mêmes rayons, & ſymmétriques, que ces arcs aient même centre, & par conſéquent que la courbe entière ſoit un cercle, pour que la fonction, qui entre dans ſon équation ..... $y = \varphi\left(\mathit{ſin}\ \&\ \mathit{coſ}\ \frac{\pi}{\mathrm{Log.}=1}\mathrm{L}\cdot(2a-2x)\right)$, puiſſe obtenir une valeur analytique.

On peut conclure de ce Mémoire, que de même que les équations aux différences partielles appartiennent à toutes les ſurfaces courbes, qui s'engendrent de la même manière, les équations aux différences finies appartiennent à toutes les courbes planes, continues ou diſcontinues, qui ont même formation.

MÉMOIRE

SUR

Les Propriétés de plusieurs genres de Surfaces courbes, particulièrement ſur celles des Surfaces développables, avec une Application à la Théorie des Ombres & des Pénombres.

Par M. MONGE,

Correſpondant, Profeſſeur-Royal de Mathématiques, & de Phyſique Expérimentale, aux Écoles du Génie.

Préſenté le 11 Janvier 1775.

DANS un Mémoire que j'eus l'honneur, en 1771, de préſenter à l'Académie, je fis voir qu'il n'y avoit aucune courbe, plane ou à double courbure, qui n'eût une infinité de développées : que toutes ces développées étoient à double courbure, à l'exception d'une ſeule pour chaque courbe plane : que l'aſſemblage, ou plutôt le lieu géométrique de toutes les développées d'une même courbe, formoit une ſurface courbe douée de la propriété de pouvoir être étendue ſur un plan, de maniere à le toucher dans tous ces points ; par exemple, le lieu des développées d'une courbe ſphérique quelconque, eſt toujours la ſurface d'un cône, dont le ſommet eſt au centre de la ſphère, & dont la baſe dépend de la nature de la courbe. Je démontrai qu'en ſuppoſant conſtruit le lieu des développées d'une courbe, on obtenoit une de ſes développées quelconques, en menant par un point de la courbe, & dans une direction arbitraire, une droite tangente à la ſurface, & la pliant enſuite librement ſur cette ſurface ; que par conſéquent chaque développée étoit entre ſes extrémités la ligne la plus courte que l'on pût mener ſur le lieu des développées. Je donnai des formules pour trouver l'équation du lieu des développées d'une

courbe quelconque, & celle d'une de ſes développées quelconque; enfin j'expoſai pluſieurs propriétés très-remarquables dont jouiſſent les ſurfaces développables.

Ayant repris cette matière, à l'occaſion d'un Mémoire que M. Euler a donné dans le Volume de 1771, de l'Académie de Péterſbourg, ſur les ſurfaces développables, & dans lequel cet illuſtre Géomètre donne des formules pour reconnoître ſi une ſurface courbe propoſée, jouit ou non de la propriété de pouvoir être appliquée ſur un plan, je ſuis parvenu à des réſultats qui me ſemblent beaucoup plus ſimples, & d'un uſage bien plus facile pour le même objet; j'en ai déduit la détermination de l'ombre & de la pénombre d'un corps de figure quelconque, éclairé par un corps lumineux de figure quelconque. La même méthode peut conduire à trouver les caractères généraux de tous les genres de ſurfaces courbes, & à les exprimer analytiquement; je donnerai pour exemple les équations & les propriétés générales de toutes les ſurfaces courbes, qui peuvent être engendrées d'une maniere quelconque par le mouvement d'une ligne droite. L'analyſe ne peut que retirer un très-grand avantage de ſon application à ce genre de Géométrie; car je donne la ſolution de pluſieurs problêmes d'analyſe, qu'on auroit peut-être beaucoup de peine à réſoudre, ſans les conſidérations géométriques.

Une ſurface eſt développable, lorſqu'en la ſuppoſant flexible & inextenſible, on peut la concevoir appliquée ſur un plan, comme celles des cônes & des cylindres, de maniere qu'elle le touche ſans duplicature ni ſolution de continuité, ou, ce qui revient au même, lorſque lui ayant mené par un point quelconque un plan tangent & indéfini, & en ſuppoſant le plan flexible & inextenſible, on peut le concevoir plié ſur la ſurface, de maniere qu'il ſoit par-tout en contact avec elle, ſans que pour cela il faille le briſer ou replier en aucun point.

Soient donc NPP'N' l'élément d'une ſurface courbe & développable, ABCD, le plan tangent à cette ſurface en cet *Fig. 1.*

élément, & soit d'abord plié ce plan, suivant le côté N′P, pour être appliqué sur l'élément suivant N′P′P″N″, & prendre la nouvelle position A′B′C′D′; il est évident, que dans cette opération, le plan n'aura pu se plier que suivant la droite A′B′ déterminée de position par le prolongement du côté N′P′ de l'élément: concevons ensuite que le plan A′B′C′D′ tangent au second élément, soit plié suivant le côté N″P″ pour s'appliquer sur le troisième élément N″P″P″N″, & prendre la troisième position A″B″C″D″, il est clair qu'il n'aura pu pareillement se plier que sur la droite A″B″, déterminée par le prolongement de la petite droite N″P″: imaginons enfin que cette opération soit continuée, & que le plan ait déja enveloppé une partie finie de la surface. Cela posé, on reconnoîtra facilement, 1.° que les droites AB, A′B′, A″B″, A‴B‴, &c. doivent nécessairement se trouver sur la surface courbe: 2.° que les parties de la surface renfermées entre deux de ces droites consécutives, doivent être de nature à pouvoir être regardées comme planes, ou, ce qui est la même chose, que deux de ces droites consécutives doivent être dans un même plan, c'est-à-dire, être paralleles ou concourir en un point.

Si les droites AB, A′B′, A″B″... &c. sont parallèles, la surface sera cylindrique, à base quelconque; si elles concourent toutes en un point, la surface sera conique; mais il peut arriver, & c'est le cas le plus général, que les droites se rencontrent successivement en différens points, par exemple, que la droite AB rencontre le suivant en un point M, que celle-ci rencontre la troisième A″B″ en un autre point M′, que A″B″ coupe la quatrième A‴B‴ en un troisième point M″, & ainsi de suite. Dans ce cas, les points de rencontre MM′M″..... &c. forment une coube à double courbure EMF, dont toutes les droites AB, A′B′, A″B″.... &c. sont les tangentes; alors la surface n'est ni conique ni cylindrique; mais elle est formée par l'assemblage de toutes les tangentes d'une certaine courbe à double courbure. J'ai fait voir, dans le Mémoire cité ci-devant, que de pareilles surfaces avoient toujours deux *nappes*, dont la courbe

la courbe EMF étoit *l'arête de rebroussement*, à moins que la courbe ne soit plane, auquel cas les deux nappes se confondroient, & sa surface deviendroit un plan.

On peut conclure de-là, qu'il n'y a aucune surface développable, qui ne puisse être regardée comme formée par les prolongemens de toutes les tangentes d'une certaine courbe à double courbure; & que, réciproquement, toute surface formée par les tangentes d'une courbe quelconque, est susceptible d'être développée sur un plan, parce que tous ses élémens sont des plans infiniment étroits, mais de longueur infinie, & qui peuvent être appliqués les uns à côté des autres sur un même plan, sans cesser d'être contigus. Un autre caractère des surfaces développables, est, 1.° qu'elles n'ont aucun point par lequel on ne puisse mener une droite qui les touche dans toute son étendue: 2.° que deux de ces droites consécutives doivent nécessairement être parallèles, ou se couper en un point; conditions qui sont toutes deux nécessaires, car on verra, par la suite de ce Mémoire, qu'une surface peut être composée de lignes droites, comme les surfaces gauches, sans être développable, & que l'équation des surfaces développables n'est qu'un cas particulier de celle des surfaces composées de lignes droites. C'est pour n'avoir pas regardé ces deux conditions comme nécessaires, que l'unique Auteur de *coupe des pierres*, qui soit dans les mains des Artistes, s'est trompé en employant les développemens de plusieurs surfaces, comme celles des *conoïdes des voûtes d'arêtes en tour ronde, rampantes ou de niveau*, qui ne sont pas développables, mais simplement des surfaces gauches.

PROBLÊME PREMIER.

Trouver l'équation générale des surfaces développables.

PREMIÈRE SOLUTION.

Soient BAC & CAD, les deux plans perpendiculaires, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels doit être rapportée

l'équation demandée, par des coordonnées rectangulaires x, y & z, de manière que AC ſoit la ligne des x, AD celle des y, & AB celle des z; ſoit GNK une courbe quelconque à double courbure, continue ou diſcontinue, dont les tangentes forment une ſurface quelconque développable, & dont les projections ſur les deux plans ſoient les deux courbes FMY & HTX: ſoit $y = \varphi x$, le ſymbole de l'équation de la courbe FMY & $z = \psi x$ celui de l'équation de la courbe HTX: enfin ſoient priſes à volonté deux abciſſes quelconques AP$=x$ & PQ$=y$, ce qui détermine la poſition du point Q, pour lequel il s'agiſſe de trouver l'ordonnée correſpondante QL$=z$. Cela poſé, ſi l'on conçoit que le point L ſoit dans la ſurface, & que par ce point on mène une droite LN tangente à la courbe GNK, cette droite ſera toute entière ſur la ſurface développable, & ſa projection horizontale ſera la droite QM tangente à la courbe FMY; de plus, le point de contact M ſera la projection du point de contact N; pareillement ſi, par le point P, on élève une verticale PR$=$QL, que, par le point R, on mène à la courbe HTX une tangente RT, cette droite ſera la projection verticale de la droite LN, & le point de contact T ſera celle du point N; enfin ſi, des points M & T, on abaiſſe des perpendiculaires MV & TV ſur la droite AC, ces deux perpendiculaires la rencontreront en un même point.

Il ſuit de-là, que la nature de la ſurface eſt telle, que ſi on la coupe par un plan vertical mené ſuivant la tangente QM, on aura pour ſection une droite LN, dont la projection verticale RT ſera tangente à ſa courbe HTX, le point de contact T répondant à la même abciſſe AV que le point M. Or l'équation du plan vertical eſt celle de la droite QM; donc, ſi les équations des droites QM & RT ſont $y = K$ & $z = K'$, celle de la ſurface doit être telle, qu'en ſubſtituant pour y ſa valeur K, il vienne pour z la valeur K'; la queſtion eſt donc réduite à trouver les équations des droites QM & RT. Pour cela, ſoit pris infiniment près du point V un autre point, par lequel on mènera aux courbes de projection des ordonnées vm & vt;

par les points Q, M, R & T, on mènera parallèlement aux x les droites QU, Mμ, RS, & Tθ, on fera AV = V, & l'on aura $Vv = dV$, $VM = \psi \cdot V$, $VT = \varphi V$, $m\mu = d \cdot \psi \cdot V = \psi' \cdot V dV$, $t\zeta = d \cdot \varphi \cdot V = \varphi' V dV$; & les triangles ſemblables Mμm, QUM, donneront $m\mu : uM :: MU : UQ$; d'où l'on tirera .....
$m\mu \cdot UQ = M\mu \cdot MU$, ou $\Psi' \cdot V dV (V - x) = dV (\psi V - y)$, ou enfin .....

$$y = \Psi \cdot V + (x - V) \Psi' \cdot V;$$

Équation de la droite QM.

Pareillement les triangles ſemblables RST & Tθt, donneront $t\theta : \theta T :: TS : SR$; d'où l'on tirera .....

$$z = \varphi \cdot V + (x - V) \varphi' \cdot V;$$

Équation de la droite RT: il faut donc que l'équation de la ſurface ſoit telle, qu'en y faiſant $y = \Psi \cdot V + (x - V) \Psi' \cdot V$, l'on ait $z = \varphi V + (x - V) \varphi' \cdot V$; ou, ce qui revient au même, l'équation demandée eſt $z = \varphi V + (x - V) \varphi' V$, pourvu que V ſatisfaſſe à l'équation $y = \Psi \cdot V + (x - V) \Psi' \cdot V$: ainſi, en éliminant V de ces deux équations, l'on aura une équation, ſans condition, qui exprimera la nature des ſurfaces développables: ſi les fonctions φ & ψ ſont déterminées, l'équation ſe particulariſe, & n'énonce plus que les propriétés d'une certaine ſurface développable; mais ſi φ & ψ reſtent arbitraires, l'équation appartient généralement à toutes les ſurfaces développables, la quantité V étant d'ailleurs quelconque, puiſqu'elle dépend de la forme des fonctions φ & ψ.

Ces deux équations renferment tout ce qu'a dit M. *Euler* ſur cet objet; car cet illuſtre Géomètre donne pour équation des ſurfaces développables .....

$$z = P + Qx, \text{ \& } y = R + Sx,$$

les quantités P, Q, R & S devant ſatisfaire à l'équation $\frac{dP}{dx} = \frac{dQ}{dS}$; condition qui eſt exprimée dans les deux équations que l'on vient de trouver; mais on ſent bien que ces formules ſont d'un uſage très-peu commode, & qu'il ſeroit très-difficile de recon-

noître, par leur moyen, ſi une ſurface propoſée, dont l'équation ſeroit différentielle, pourroit ou non ſe développer ſur un plan. On ne peut en retirer quelque avantage, que l'on n'ait éliminé la quantité V & les fonctions φ & $\downarrow$. Voici comme j'y parviens.

Soit différenciée l'équation $y = \Psi \cdot V + (x - V)\,\Psi' V$, d'abord en ne faiſant varier que x, puis en ne faiſant varier que y, ∂ étant le caractère de la première eſpèce de différentiation, & d celui de la ſeconde, on aura les deux équations ſuivantes.

$$o = (x - V)\,\Psi'' V \partial V + \Psi' V dx,$$
$$dy = (x - V)\,\Psi'' V dV;$$

Diviſant la première par ∂V, la ſeconde par dV, & retranchant l'une de l'autre, on aura .....

$$\Psi' V = -\tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\partial V}{dV};$$

Mettant cette valeur, de $\Psi' V$, dans l'équation ..... $y = \Psi V + (x - V)\,\Psi' V$, on aura .....

$$y = \Psi V - (x - V)\tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\partial V}{dV},$$

Qui, différenciée encore par rapport à x, & par rapport à y, donnera .....

$$o = \Psi' V \partial V - (x - V)\tfrac{dy}{dx}\,\partial\,(\tfrac{\partial V}{dV}) - \tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\partial V}{dV}(dx - \partial V),$$
$$dy = \Psi' V d V - (x - V)\tfrac{dy}{dx}\,d\,(\tfrac{\partial V}{dV}) + \tfrac{dy}{dx} d V;$$

Subſtituant actuellement la valeur de $\Psi' V$, que l'on vient de trouver, on aura les deux équations ſuivantes, ...

$$(A)\ (x - V)\partial(\tfrac{\partial V}{dV}) + dx \cdot \tfrac{\partial V}{dV} = o,$$
$$(B)\ (x - V)\,d(\tfrac{\partial V}{dV}) + dx \quad = o,$$

Qui expriment la nature de la quantité V, quelle que puiſſe être la forme des fonctions $\downarrow$ & $\downarrow'$.

Soit différenciée de même l'équation $z = \varphi V + (x - V)\,\varphi' V$, en regardant d'abord x, puis y, comme conſtans; ce qui donnera les deux équations .....

$$\partial z = (x - V)\,\varphi'' V \partial V + \varphi' V \cdot dx,$$
$$d z = (x - V)\,\varphi'' V\, d V:$$

Diviſant la première par ∂V, la ſeconde par dV, & retranchant, on aura .....

$$\varphi' V = \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz}{dx} \cdot \frac{\partial V}{dV};$$

On mettra cette valeur dans $z = \varphi V + (x - V)\,\varphi' V$, qui deviendra .....

$$z = \varphi V + (x - V) \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right);$$

On différenciera encore cette équation, & par rapport à x, & par rapport à y; ce qui donnera .....

$$\partial z = \varphi' V\,\partial V + (x - V)\,\partial\left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) + \left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) \cdot (dx - \partial V),$$

$$\text{Et } dz = \varphi' V\,dV + (x - V)\,d\left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) - \left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) dV;$$

Équations qui, par la ſubſtitution de la valeur de $\varphi' V$, que l'on vient de trouver, deviendront .....

$$\partial z = (x - V)\,\partial\left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) + \left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right) dx,$$

$$dz = (x - V)\,d\left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{dz\,\partial V}{dx\,dV}\right);$$

Ou bien, en développant .....

$$(x - V) \cdot \left(\partial\partial z - \partial dz \frac{\partial V}{dV}\right) = dz\left((x - V)\,\partial\left(\frac{\partial V}{dV}\right) + dx \frac{\partial V}{dV}\right),$$

$$(x - V) \cdot \left(\partial dz - d\,dz \frac{\partial V}{dV}\right) = dz\left((x - V)\,d\left(\frac{\partial V}{dV}\right) + dx\right).$$

Or les deux derniers membres de ces équations s'évanouiſſent par les équations (A) & (B): donc on aura .....

$$\partial\partial z - \partial dz \frac{\partial V}{dV} = 0,$$

$$\text{Et } \partial dz - d\,dz \frac{\partial V}{dV} = 0;$$

D'où, éliminant $\frac{\partial V}{dV}$, l'on aura, pour équation générale des ſurfaces développables, ...

$$\partial\partial z \cdot d\,dz = (\partial dz)^2.$$

Corollaire.

Pour reconnoître ſi l'on peut développer une ſurface courbe dont on a l'équation en trois coordonnées rectangulaires x, y & z, il ſuffit donc, après avoir différencié deux fois cette équation, afin d'avoir des valeurs de $\partial\partial z$, ∂dz & $d\,dz$, de voir ſi ces

trois quantités ſont en proportion géométrique : ceci va s'éclaircir par un exemple.

Exemple.

Soit propoſé de reconnoître ſi toutes les ſurfaces coniques à baſes quelconques, ſont développables ou non. J'ai démontré, dans un Mémoire ſur la conſtruction des intégrales des équations aux différences partielles, que l'équation des ſurfaces coniques, quelque part que ſoit placé le ſommet, eſt ..... $z-c=(x-a)\,\varpi\left(\frac{y-b}{x-a}\right)$, a, b & c étant les coordonnées du ſommet : on aura donc .....

$$\partial z = dx\,\varphi\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right) - \left(\tfrac{y-b}{x-a}\right) dx\,\varphi'\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\mathrm{d}z = dy\,\varphi'\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\partial\partial z = dx^2\,\tfrac{(y-b)^2}{(x-a)^3}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\partial\mathrm{d}z = -dx\,dy\,\tfrac{y-b}{(x-a)^2}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\mathrm{d}\mathrm{d}z = dy^2\cdot\tfrac{1}{x-a}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right):$$

Or on a évidemment $\partial\partial z\,\mathrm{d}\mathrm{d}z=(\partial\mathrm{d}z)^2$: donc les ſurfaces coniques, à baſes quelconques, ſont développables ; ce que l'on ſavoit déjà par les définitions.

Si, au lieu de prendre l'équation intégrale des ſurfaces coniques, l'on eût pris leur équation générale différentielle $(x-a)\frac{dz}{dx}+(y-b)\frac{dz}{dy}=(z-c)$, on auroit trouvé, en différenciant, par rapport à x, ...

$$(x-a)\tfrac{\partial\partial z}{dx^2}=-(y-b)\tfrac{\partial\mathrm{d}z}{dx\,dy};$$

Et, par rapport à y, ...

$$(y-b)\tfrac{\mathrm{d}\mathrm{d}z}{dy^2}=-(x-a)\tfrac{\partial\mathrm{d}z}{dx\,dy}:$$

Enfin, multipliant ces deux équations l'une par l'autre, on auroit trouvé $\partial\partial z\,\mathrm{d}\mathrm{d}z=(\partial\mathrm{d}z)^2$, & l'on eût eu par conſéquent le même réſultat.

Remarque première.

Si l'on avoit quelques doutes sur la généralité de la formule $\delta\delta z\,dd z=(\delta dz)^2$, & qu'on la soupçonnât plus ou moins étendue que les deux équations .....

$$z=\varphi V+(x-V)\,\varphi' V,$$
$$y=\psi V+(x-V)\,\psi' V,$$

Qui l'ont produite, il seroit très-facile de les lever, & de faire voir que l'intégrale de la formule $\delta\delta z\,dd z=(\delta dz)^2$ dit précisément la même chose que ces deux équations. Cette considération ne sera d'ailleurs pas inutile, parce que la méthode que j'emploie servira dans la suite de ce Mémoire, & qu'elle est applicable à beaucoup d'autres équations qu'il seroit très-difficile d'intégrer autrement.

Soit donc proposé d'intégrer l'équation $\delta\delta z\,dd z=(\delta dz)^2$, qui, en faisant $dz=p\,dx+q\,dy$, devient ..... $\delta p\,dq=\delta q^2=dp^2=\delta q\,dp$, ou enfin $\frac{\delta p}{\delta q}=\frac{dp}{dq}$.

On fera $\frac{\delta p}{\delta q}=\omega$, variable quelconque, & l'on aura aussi $\frac{dp}{dq}=\omega$; d'où l'on tirera .....

$$\delta p=\omega\,\delta q,$$
$$\text{Et } dp=\omega\,dq;$$

Et, par ce que l'on a généralement $dp=\delta p+dp$, on trouvera en ajoutant, $dp=\omega dq$, équation qui ne peut avoir lieu entre des quantités réelles, à moins qu'elle ne soit différentielle complète, & par conséquent que ω ne soit fonction de q : on aura donc $p=F\cdot q$ pour première intégrale complète, la fonction F étant arbitraire : mettant actuellement cette valeur de p dans l'équation $dz=p\,dx+q\,dy$, on aura $dz=dx\,Fq+q\,dy$, qu'on peut mettre sous cette forme ....

$$dz=d(x\,Fq+qy)-(y+x\,F'q)\,dq;$$

Mais cette équation ne peut être différentielle complète, à moins que le coëfficient de dq ne soit fonction de q; donc l'intégrale finie

& complète de la proposée est .....

$$z = xF \cdot q + qy + f \cdot q,$$

La fonction f satisfaisant à l'équation .....

$$y = -xF'q - f'q,$$

La quantité q étant d'ailleurs indéterminée, & pouvant être quelconque en x & y.

Maintenant, pour reconnoître ce qu'expriment ces deux équations, observons que la seconde est la différentielle de la première, en ne faisant varier que q; donc elle énonce cette propriété, que, dans la première, les variables x, y & z sont constantes, lorsque q devient $q + dq$; quant à la première, si l'on regarde q comme constant, elle est l'équation d'un plan; donc seule elle énonce que la surface qui en est le lieu, est composée d'élémens plans de longueur au moins finie, puisque tous les points qui répondront à $q =$ même constante, seront dans un même plan: mais si l'on y joint la condition exprimée par la seconde équation, qui est que ces points ou leurs coordonnées x, y & z ne changent point, lorsque les plans changent infiniment peu, il s'ensuivra que, dans toute l'étendue de la surface, ses points seront toujours dans l'intersection de deux plans infiniment peu différens; donc les deux équations appartiennent à une surface qui est composée des continuelles intersections avec lui-même d'un plan qui change à chaque instant de position: donc elles appartiennent à une surface développable, sur la nature de laquelle elles ne statuent rien d'ailleurs: donc la formule différentielle $\delta\delta z\,ddz = (\delta dz)^2$, dont elles sont l'intégrale complète, exprime qu'une surface est développable.

Il faut conclure de-là, que les deux systêmes d'équation simultanées, ou qui doivent avoir lieu en même-temps .....

$$z = \varphi \cdot V + (x - V)\,\varphi' \cdot V,$$
$$y = \psi V + (x - V)\,\psi' V,$$

Et
$$\begin{cases} z = xF \cdot q + qy + f \cdot q, \\ y = -xF'q - f'q, \end{cases}$$

Appartiennent

Appartiennent tous deux au même genre de ſurfaces courbes, & ſont également ſatisfaits par les équations de ces ſurfaces; mais qu'ils énoncent chacun une propriété diſtincte & particulière de ces ſurfaces, quoique les propriétés ſoient inſéparables: le premier dit, que les ſurfaces ſont les lieux géométriques des tangentes de courbes à double courbure : le ſecond, qu'elles ſont les lieux des continuelles interſections avec eux-mêmes de plans mobiles. L'on auroit trouvé directement ce ſecond ſyſtême comme le premier, ſi l'on fût parti de cette ſeconde propriété.

REMARQUE II.

Il eſt bon d'obſerver ici, par rapport à l'équation ..... $y = \psi \cdot V + (x - V)\psi' V$, pour laquelle on a trouvé les deux différentielles .....

$$(A)\ (x-V)\,\delta\cdot\left(\frac{\delta V}{dV}\right) + dx\,\frac{\delta V}{dV} = 0,$$

$$\text{Et}\,(B)\ (x-V)\,d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) + dx\ \ = 0,$$

Que les deux équations doivent avoir lieu à-la-fois, pour ſatisfaire à l'intégrale, par la même raiſon que, ſi l'on a $d\zeta = 0$, l'on doit avoir à-la-fois $\delta\zeta = 0$ & $d\zeta = 0$. Si l'équation eût été compoſée de trois fonctions dépendantes les unes des autres, comme celle-ci, ...

$$y = \psi V + M\psi' V + N\psi'' V,$$

Sa différentielle eût été le ſyſtême de quatre équations différentes, qui auroient dû avoir lieu en même-temps, &, en général, le nombre des différentielles de pareilles équations, eſt toujours $2(n-1)$, n étant le nombre des fonctions dépendantes les unes des autres : quant à ces équations, on doit les regarder comme les intégrales de pluſieurs équations aux différences partielles, & de plus, comme des équations aux différences ordinaires.

Dans la ſolution précédente, j'ai d'abord cherché l'équation intégrale de toutes les ſurfaces développables, puis je l'ai différenciée pour faire diſparoître les fonctions arbitraires, & obtenir

la formule différentielle que j'ai trouvée; dans la solution suivante, je chercherai directement l'équation différentielle.

Seconde Solution.

Fig. 3. Soient, comme dans la Fig. 2, BAC & CAD, le plan vertical & horizontal auxquels est rapportée l'équation demandée, de manière que AC soit la ligne des x, AD celle des y & AB celle des z; soit de plus M, un point d'une surface développable quelconque, correspondant aux trois coordonnées $AP=x$, $PQ=y$ & $QM=z$. Par le point M, soient faites deux sections dans la surface, l'une SME, par un plan perpendiculaire aux x, & l'autre GMF, par un plan perpendiculaire aux y. Par le point M soit menée une tangente à chacune de ces sections; l'une MT, qui rencontrera le plan horizontal quelque part en un point T pris sur le prolongement de la droite PQ; l'autre Mt que le plan horizontal coupera quelque part en un point t, pris sur la droite Qt; menée par le point Q parallèlement aux x; d'où il suit que la droite Tt sera l'intersection du plan horizontal avec le plan tangent à la surface au point M: soit prise une abciſſe quelconque $AH=\pi$, soit menée à la droite Tt, l'ordonnée $HK=\omega$, & soit enfin cherchée en π & ω l'équation de la droite Tt. Pour cela, on remarquera que l'équation de la surface courbe étant $dz=pdx+qdy$, on aura les sous-tangentes $QT=-\frac{z}{q}$, & $Qt=\frac{z}{p}$, & par conséquent $PT=y-\frac{z}{q}$; or, si l'origine des coordonnées π & ω étoit en t, l'équation à la droite Tt seroit $\omega=\pi\frac{QT}{Qt}=-\pi\frac{p}{q}$; il ne s'agit donc plus que de transporter l'origine en A; ce qu'on fera en ajoutant une constante, telle qu'en faisant $\pi=AP=x$, on ait $\omega=PT=y-\frac{z}{q}$; ce qui donne, pour équation de la droite Tt .....

$$(C)\quad q(\omega-y)=-p(\pi-x)-z.$$

Cela posé, si le plan tangent, au-lieu de toucher la surface au point M, la touchoit en un point n infiniment proche d, pris sur la section perpendiculaire aux x, la droite Tt chan-

geroit de position, elle deviendroit $T't'$, & couperoit la première quelque part en un point θ auquel correspondent les coordonnées $A\Pi$ & $\Pi\theta$, qui ne changent pas lorsque x étant constant, y devient $y+dy$: donc, si l'on différencie l'équation (C), en regardant x, π & ω comme constans, l'équation $(\omega-y)\,dq=-(\omega-x)\,dp$ qui en résultera, donnera conjointement avec l'équation (C), les valeurs de π & ω qui répondent au point θ, & si l'on mène la droite $M\theta$, elle sera l'intersection des deux plans tangens consécutifs.

Mais, par la propriété des surfaces développables, cette droite doit se trouver toute entiere sur la surface, & doit être la même, soit que le point M de contact se soit mû sur la section perpendiculaire aux y, soit que ce soit sur la section perpendiculaire aux x; donc, si l'on différencie encore l'équation (C) en regardant y, π & ω comme constans, l'équation $(\omega-y)\,\delta q=-(\pi-x)\,\delta p$ qu'on obtiendra, donnera de nouvelles valeurs pour les mêmes coordonnées π & ω, qui répondent au point θ; on aura donc à-la-fois, pour le même point, les deux équations suivantes.

$$(\omega-y)\,\delta q=-(\pi-x)\,\delta p,$$
$$\text{Et } (\omega-y)\,dq=-(\pi-x)\,dp,$$

Ou, multipliant en croix, $\delta p\,dq=\delta q\,dp$; c'est-à-dire,

$$\delta\delta z\,dd z=(\delta d z)^2;$$

Équation qui doit avoir lieu dans tous les points d'une surface courbe, pour qu'elle soit développable.

Remarque.

Pour bien entendre la solution précédente, il faut observer que la première équation différentielle $(\omega-y)\,dq=-(\pi-x)\,dp$ doit avoir lieu dans toutes les surfaces, développables ou non, π & ω étant les coordonnées du point θ, que de même, si l'on suppose que le plan tangent en m rencontre le plan horizontal dans la droite $T''t''$, & que cette droite coupe Tt en

un point $0'$ pour lequel les coordonnées ſoient π' & ω', l'on aura pareillement dans toutes les ſurfaces $(\omega'-y)\delta q=-(\pi'-x)\delta p$. Ainſi, juſques-là je ne dis rien qui ne puiſſe convenir à toutes les ſurfaces poſſibles. Mais lorſque je poſe que les points 0 & $0'$ ſont toujours confondus, propriété qui n'appartient qu'aux ſurfaces développables, & dont elles jouiſſent toutes, c'eſt-à-dire, lorſque dans les deux équations .....

$$(\omega-y)\,dq=-(\pi-x)\,dp,$$
$$\text{Et } (\omega'-y)\,\delta q=-(\pi-x)\,\delta q,$$

Je fais $\omega=\omega'$ & $\pi=\pi'$, c'eſt alors que j'exprime que la ſurface eſt développable, & parce que je n'ai rien ſtatué de particulier ſur les courbures au point M des courbes SME & FMG, qui peuvent être ſoumiſes ou non à la loi de continuité ſans apporter aucun changement au réſultat; il s'enſuit que l'équation $\delta\delta z\,dd z=(\delta dz)^2$, que j'ai trouvée, appartient à toutes les ſurfaces poſſibles, continues ou diſcontinues.

Troisième Solution.

Actuellement que des deux ſolutions précédentes, la première donne directement l'équation intégrale des ſurfaces développables, & que la ſeconde donne directement leur équation aux ſecondes différences, il ſeroit aſſez inutile d'en donner une troiſième, ſi celle-ci, outre qu'elle donne immédiatement l'équation demandée aux différences premières, n'étoit pas en même-temps & beaucoup plus courte & plus élégante que les deux autres; je crois même qu'elle eſt la ſeule qu'on puiſſe retenir, & qui puiſſe donner de mémoire l'équation générale.

Fig. 6. BAC & CAD étant, comme ci-devant, les deux plans de projections, l'un horizontal & l'autre vertical, de manière que AC ſoit l'axe des x, AD celui des y & AB celui des z; ſoient de plus EFKI, KFGL, LGHO, trois élémens plans conſécutifs d'une ſurface développable, & ſoit pris un point M quelconque ſur celui du milieu : ſoit Mm l'élément d'une ſection

faite dans la ſurface perpendiculairement aux y, MN, celui d'une ſection perpendiculaire aux x, & par les points M, m, N ſoient abaiſſées des ordonnées verticales MQ, mq & Nq'; enfin dans le plan vertical mené par Mm, ſoit menée une petite horizontale Mμ juſqu'à la rencontre de la verticale mq, ſoit de même menée par le point N, & parallèlement aux y, une petite horizontale Nn, de manière que l'on ait $m\mu = \delta z$, $Mn = -dz$. Cela poſé, il eſt évident que quelque part que ſoit pris le point M ſur le même élément plan KFGL, les petites droites Mm & MN conſerveront toujours la même inclinaiſon au plan horizontal; c'eſt-à-dire, que les quantités $\frac{\delta z}{dx}$ & $\frac{dz}{dy}$ auront les mêmes valeurs, ou enfin que p & q ſeront conſtantes; mais ſi le point M change d'élément, pour paſſer ſur l'élément voiſin LGHO ou IEFK, alors ces deux lignes ceſſeront d'être chacune parallèle à elle-même, & les quantités p & q varieront. Les ſurfaces développables ſont donc telles, 1.° que les quantités p & q peuvent être conſtantes pour différens x & y, 2.° qu'elles ſont toujours conſtantes enſemble & varient conjointement; donc, dans ces ſortes de ſurfaces, on doit avoir

$$p = \varphi q.$$

Différenciant, par rapport à dx, on aura $\delta p = \varphi' q \cdot \delta q$; &, par rapport à dy, $dp = \varphi' q \cdot dq$; multipliant en croix, on aura $\delta p\, dq = \delta q\, dp$, ou $\delta\delta z\, dd z = (\delta dz)^2$.

Remarque.

Cette ſolution ſuppoſe ſeulement, comme les précédentes, que la ſurface ſoit compoſée d'élémens plans infinis de longueur, ſans conſidérer en aucune maniere la loi ſuivant laquelle ils ſe ſuccèdent pour former la ſurface; elle eſt donc indépendante de cette loi, qui peut être continue ou diſcontinue, ſans que l'équation puiſſe ceſſer d'avoir lieu.

Corollaire.

L'équation générale des surfaces développables $\partial\partial z\,ddz=(\partial dz)^2$, ne renfermant que des différences secondes, il suit que si $z=K$ est l'équation d'une certaine surface développable, qui satisfasse par conséquent à l'équation générale, celle-ci $z=K+Ax+By+C$, dans laquelle les coëfficiens A, B & C sont constans, appartiendra encore à une surface développable; car, en différenciant deux fois, les termes Ax, By & C disparoissent avec leurs différentielles, & l'équation ne satisfait pas moins à l'équation générale: donc, si l'on conçoit une surface développable & un plan quelconque rapportés aux mêmes axes, & qu'on augmente ou diminue pour chaque point l'ordonnée de la surface, de l'ordonnée correspondante du plan, la nouvelle surface à laquelle appartiendront les coordonnées, ainsi augmentées ou diminuées, sera développable comme la premiere.

Semblablement, si une surface n'est pas développable, & qu'on augmente ou diminue ses ordonnées de celles d'un plan quelconque, la nouvelle surface à laquelle appartiendront les ordonnées ainsi augmentées, ne sera pas développable.

Dans mon Mémoire sur les développées des courbes à double courbure, j'ai fait voir que toutes les surfaces développables, formées par les tangentes d'une courbe dont tous les élémens sont également inclinés à un plan quelconque, & forment avec lui un angle g, jouissent de cette propriété, qu'une partie quelconque de leur surface est à sa projection sur le plan dans un rapport constant, c'est-à-dire, comme 1 à cos. g. Par exemple, la surface du cône droit, & toutes les surfaces formées par les prolongemens des tangentes des hélices de vis à pas constans, sont dans ce cas-là: ainsi, dans ces surfaces, l'aire d'une partie quelconque ne dépend que de la quadrature d'une aire plane; mais je n'ai pas démontré la proposition inverse, c'est-à-dire, que toute surface dont l'aire d'une partie quelconque est à sa projection sur un certain plan dans un rapport cons-

tant, eſt une ſurface développable formée par les tangentes d'une courbe dont tous les élémens ſont également inclinés à ce plan, & c'eſt ce que je vais faire voir.

PROBLÊME II.

Trouver quel eſt le genre de ſurfaces courbes, dont l'aire d'une partie quelconque eſt à ſa projection dans un rapport conſtant.

SOLUTION.

Cette propriété ne peut convenir à une ſurface, ſans qu'elle ne ſoit commune à tous ſes élémens; or l'équation d'une ſurface courbe étant $dz = pdx + qdy$, l'expreſſion de l'aire d'un de ſes élémens, eſt $dxdy\sqrt{(1+p^2+q^2)}$; & celle de ſa projection horizontale, eſt $dxdy$: donc il faut que l'on ait par-tout $Adxdy = dxdy\sqrt{(1+p^2+q^2)}$, ou $1+p^2+q^2 = A^2$; & par conſéquent $p = fonct.\ q$: Donc, 1.° Une ſurface ne peut jouir de la propriété énoncée dans le Problême, qu'elle ne ſoit développable: or il eſt aiſé d'appercevoir, que de toutes les ſurfaces développables, il n'y a que celles qui ſont formées par les tangentes de courbes, dont tous les élémens ſont également inclinés à un plan, qui puiſſent être telles, que tous leurs élémens ſoient en rapport conſtant avec leurs projections ſur le plan: Donc, 2.° Ces ſurfaces ſont les ſeules qui ſatisfaſſent au Problême.

De ce que je n'ai pas conſidéré la projection de l'élément de la ſurface ſur un plan de poſition quelconque dans l'eſpace, ma ſolution n'en eſt pas moins générale, parce que l'on peut toujours rapporter l'équation de la ſurface à trois axes, dont deux ſoient dans le plan, & alors on rentre dans le cas que j'ai traité.

THÉORIE GÉNÉRALE
DES OMBRES ET DES PÉNOMBRES.

On appelle Ombre, la partie de l'eſpace qu'un corps opaque prive de lumiere par ſon interpoſition dans un milieu éclairé; d'où il ſuit que ſi le corps lumineux eſt un point unique, & en ſuppoſant que les rayons de lumiere ſe propagent en lignes droites, l'ombre ou l'eſpace privé de lumière, ſera toujours terminé ou enveloppé par une ſurface conique circonſcrite à la ſurface du corps opaque, & dont le ſommet ſera au point lumineux. Ainſi, dans ce cas ſimple, & qui eſt ſuffiſant pour la détermination géométrique des ombres dans les deſſins, il ſuffit de trouver l'équation de cette ſurface conique, dont la forme dépend de la figure du corps opaque; & ſi l'on veut avoir la projection de l'ombre du corps ſur une ſurface quelconque, donnée de forme & de poſition, il ne s'agit plus que de trouver l'interſection de cette ſurface avec la ſurface conique.

Mais ſi le corps lumineux, au-lieu d'être un point unique, eſt étendu ſuivant les trois dimenſions, & terminé par une ſurface courbe quelconque, les choſes changent conſidérablement. 1.° L'ombre pure, ou l'eſpace totalement privé de lumiere, n'eſt plus terminé par une ſurface conique, mais par une ſurface développable, circonſcrite en même-temps aux ſurfaces du corps lumineux & du corps opaque, & qui les touche chacune dans une courbe à double courbure. 2.° Le paſſage de l'ombre à la clarté n'eſt plus ſubit, comme dans le premier cas; l'ombre pure eſt enveloppée d'un eſpace dont toutes les parties, toujours moins éclairées que ſi le corps opaque étoit ſupprimé, le ſont cependant plus ou moins, ſuivant qu'elles ſont plus ou moins éloignées de l'ombre pure. Cet eſpace, qu'on

appelle

appelle *Pénombre*, eſt terminé par une autre ſurface développable, pareillement circonſcrite aux ſurfaces des corps opaque & lumineux, & qui les touche auſſi chacune en une courbe à double courbure; mais cette ſurface diffère de la première, en ce que ſon arête de rebrouſſement ſe trouve entre les deux corps, au-lieu que, pour la première, les deux corps ſe trouvent du même côté par rapport à cette arête.

Par exemple, ſi les deux corps ſont ſphériques, la ſurface qui enveloppe l'ombre pure, eſt celle d'un cône droit circonſcrit aux deux corps, & dont le ſommet eſt au-delà de l'un des corps par rapport à l'autre & la pénombre eſt terminée par une autre ſurface conique, pareillement circonſcrite aux deux corps, mais dont le ſommet eſt entre deux. Cette propoſition ſe déduit de la précédente, dont elle n'eſt qu'un cas particulier, en obſervant que l'arête de rebrouſſement d'une ſurface conique à baſe quelconque, conſidérée comme développable, ſe réduit toujours à un point unique qui eſt le ſommet.

Pour démontrer la propoſition générale, ſoit d'abord un plan tangent en même-temps & du même côté aux deux ſurfaces du corps opaque & du corps lumineux, & concevons que ce plan tourne autour des deux corps, ſans ceſſer de leur être tangent, il eſt évident que ſi l'on prend ce plan dans deux poſitions conſécutives, on aura deux plans qui ſe couperont en une droite tangente aux deux corps, & qui ſera la direction d'un des rayons de lumière qui terminent l'ombre pure. Cette droite ſera donc toute entière ſur la ſurface de l'ombre; de plus, deux de ces droites ſe trouveront toujours ſur un même plan tangent: donc la ſurface, qui enveloppe l'ombre pure, a ces deux propriétés; 1.° d'être compoſée de lignes droites; 2.° que deux de ces droites conſécutives ſont toujours dans un même plan; donc cette ſurface eſt développable. Le même raiſonnement démontrera que la ſurface, qui enveloppe la pénombre, eſt auſſi de nature à ſe développer ſur un plan.

On pourroit objecter que l'interſection de deux plans conſé-

cutifs, tangens en même-temps aux corps opaque & lumineux, n'eſt pas toujours ſur la ſurface de l'ombre pure, ſpécialement lorſque la figure du corps lumineux eſt telle, qu'un plan qui le touche en un point, le coupe dans d'autres, parce qu'alors tout le corps lumineux n'étant pas du même côté par rapport au plan tangent, les parties de ce corps, qui ſont au-delà de ce plan par rapport au corps opaque, envoient des rayons de lumière qui rétréciſſent l'ombre pure, & la terminent ailleurs que dans le lieu des continuelles interſections du plan tangent mobile. Je réponds que, dans ces cas-là, la ſurface qui enveloppe l'ombre pure a pluſieurs nappes qui ſe replient les unes ſur les autres; les unes ſéparent l'ombre pure de la pénombre, les autres terminent des eſpaces éclairés ſuivant différentes loix dont les expreſſions ſont les racines d'une même équation; mais il n'en eſt pas moins vrai que l'ombre pure eſt enveloppée d'une ſurface développable circonſcrite aux deux corps : c'eſt à l'adreſſe du calculateur à reconnoître ſi cette ſurface n'a pas des nappes qui traverſent la pénombre & qui ſoient placées ailleurs que ſur les limites de l'ombre pure.

Quant à la poſition de l'arête de rebrouſſement de chacune de ces ſurfaces, voici ce qu'il faut obſerver. Les plans qui, par leur continuelle interſection, forment la ſurface de l'ombre pure ſont tous tangens aux deux corps du même côté; donc, dans le paſſage d'un des plans au ſuivant, les mouvemens des deux points de contact ſe font dans le même ſens; par conſéquent deux droites conſécutives menées par les points de contact correſpondans, ne peuvent ſe rencontrer qu'au-delà d'un des corps par rapport à l'autre. Ce ſera au-delà du corps opaque par rapport au corps lumineux, ſi, dans les points de contact, la courbure du corps lumineux priſe dans la ligne de contact, eſt d'un plus grand rayon que la courbure du corps opaque priſe dans ſa ligne de contact, eu égard aux poſitions reſpectives des élémens correſpondans de ces lignes de contact; & réciproquement : or la ſuite des interſections de ces droites, forme ce que j'appelle, *arête de rebrouſſement*; donc cette

arête pour la ſurface de l'ombre pure, eſt toujours au-delà de l'un des corps opaque ou lumineux par rapport à l'autre : mais les plans dont les continuelles interſections forment la ſurface de la pénombre étant tangens aux deux corps dans des côtés oppoſés, les mouvemens des points de contacts, dans le paſſage d'un plan à l'autre, ſont réciproques : ſi l'un ſe fait dans un certain ſens, l'autre ſe fait dans un ſens contraire ; donc les droites menées par les points de contact correſpondans, ſe rencontrent toujours entre les deux corps ; donc l'arête de rebrouſſement, pour la ſurface de la pénombre, eſt toujours entre le corps opaque & le corps lumineux.

Il ſuit de-là, que toute la théorie des Ombres & des Pénombre, ſe réduit à trouver les équations des deux ſurfaces développables qui peuvent être à-la-fois circonſcrites à deux corps donnés de formes & de poſitions, les deux corps étant pour l'une du même côté relativement à ſon arête de rebrouſſement, & l'autre ayant cette arête entre les deux corps ; la première ſera la ſurface de l'ombre pure ; la ſeconde terminera la pénombre. Enfin, ſi l'on veut trouver ſur une ſurface donnée, la projection de l'ombre & de la pénombre, il ne s'agira plus que de trouver l'interſection de cette ſurface avec les deux ſurfaces développables.

Pour réſoudre cette queſtion avec une certaine clarté, je vais d'abord prendre le cas ſimple, où le corps lumineux eſt ſuppoſé n'être qu'un point unique, & où par conſéquent les deux ſurfaces développables de l'ombre & de la pénombre, ſe réduiſent à un ſeul cône circonſcrit au corps opaque, & qui a ſon ſommet au point lumineux. Je déterminerai premièrement la ligne de contact du cône avec le corps opaque, c'eſt-à dire, la ligne qui ſépare la partie éclairée de la ſurface du corps opaque, de celle qui eſt dans l'Ombre ; enſuite je chercherai l'équation de la ſurface conique qui, ayant ſon ſommet au point lumineux, paſſeroit par cette ligne de contact, & je donnerai les équations de l'interſection de cette ſurface conique avec

celle sur laquelle l'ombre est projetée : enfin je passerai delà au Problême général.

Problême III.

Etant donnée l'équation d'une surface quelconque, trouver celle de la courbe, suivant laquelle elle est touchée par une surface conique circonscrite, & dont le sommet seroit en un point donné.

Solution.

J'ai démontré dans un Mémoire sur la construction des équations aux différences partielles que l'équation générale des surfaces coniques à base quelconque, est .....

$$z - C = (x-a)\,\varphi\left(\frac{y-b}{x-a}\right),$$

$$\text{Ou } z - C = (x-a)\frac{dz}{dx} + (y-b)\frac{dz}{dy},$$

a, b & c étant les coordonnées du sommet : soit donc $z = K$ ou $dz = P\,dx + Q\,dy$, l'équation de la surface donnée, la quantité K & les coëfficiens P & Q qui en dépendent, étant des fonctions quelconques données en x & y. Cela posé, la surface devant être circonscrite par la surface conique, doit, dans toute l'étendue du contact, participer à la propriété du cône : on aura donc, dans toute cette ligne $(x-a)\frac{dz}{dx} + (y-b)\frac{dz}{dy} = z - C$; mais on a, pour toute la surface, $z = K$, $\frac{dz}{dx} = P$ & $\frac{dz}{dy} = Q$; on aura donc, pour le contact, ...

$$(x-a)\,P + (y-b)\,Q = K - C\,;$$

Équation en x & y de la projection horizontale de la courbe demandée.

L'équation que nous venons de trouver, est aussi celle de la projection de la courbe, qui sépare la partie éclairée de la surface du corps opaque de celle qui est dans l'ombre, & peut être d'une grande utilité dans le dessin géométral, par la distribution correcte du clair & de l'obscur.

PROBLÊME IV.

Trouver l'équation d'une ſurface conique, étant données les coordonnées a, b *&* o *du ſommet & les équations de projections* $z=K$ *&* $(x-a)P+(y-b)Q=K-C$ *d'une courbe à double courbure par laquelle doit paſſer cette ſurface.*

SOLUTION.

L'équation générale des ſurfaces coniques étant ..... $z-c=(x-a)\varphi\left(\frac{y-b}{x-a}\right)$, il ne s'agit donc plus que de déterminer la forme que doit avoir la fonction φ, pour que les deux équations propoſées ſoient ſatisfaites en même-temps, ou qu'en poſant $(x-a)P+(y-b)Q=K-c$, l'on ait $z=K$. J'ai déjà réſolu cette queſtion plus généralement qu'elle n'eſt ici propoſée, dans le Mémoire que je viens de citer; cependant je crois qu'il ne ſera pas inutile de la rappeler.

Etant donnée l'équation $z=M+N\varphi V$, dans laquelle les quantités M, N & V ſont des fonctions données de x & y, déterminer la fonction φ, pour qu'en faiſant $y=Fx$, on ait $z=f\cdot x$. Soient M', N' & V' ce que deviennent les quantités M, N & V en mettant pour y ſa valeur Fx, on aura, par les conditions du Problême, l'équation ſuivante en x .....

$$fx=M'+N'\varphi V'.$$

Soit fait $V'=u$, & ſoit $x=fu$ la valeur de x en u tirée de cette équation, enfin ſoient M'' & N'' ce que deviennent M' & N' en ſubſtituant à x ſa valeur fu, on aura .....

$$f\cdot(fu)=M''+N''\varphi u;$$

Equation qui eſt toute en u, & dans laquelle on reconnoîtra par conſéquent la forme de la fonction φ. Remettant V pour u, on aura la quantité φV, & l'équation $z=M+N\varphi V$ ſera déterminée.

Ayant obtenu, par un procédé pareil, l'équation de la ſurface conique en x, y & z, & l'équation de la ſurface ſur laquelle l'ombre doit être projetée, étant auſſi donnée en x, y & z, ſi l'on élimine z de ces deux équations, on aura celle de la projection horizontale de la courbe qui termine la projection de l'ombre ſur cette ſurface ; & en éliminant x ou y, on aura celle des deux autres projections verticales qu'on voudra.

Remarque.

Outre la théorie générale des ombres, lorſque le corps lumineux eſt réduit à un point, les deux Problêmes précédens renferment encore les principes généraux de la perſpective directe, c'eſt-à-dire, dans laquelle on ſuppoſe que le tableau eſt vu directement, ſans que les rayons de lumière, pour arriver à l'œil, ſubiſſent de réflexions ni de réfractions ; car, comme on ſait, la perſpective d'un corps ſur un tableau de figure quelconque, n'eſt autre choſe que l'interſection de ce tableau par un cône circonſcrit au corps & dont le ſommet eſt au centre de l'œil. Je ne connois aucun Traité de Perpective où cette queſtion ſoit réſolue auſſi généralement ; tous ceux qui ont écrit ſur cette matière, ont toujours ſuppoſé que le corps à mettre en perſpective, fût un point déterminé, ou bien ils ſe ſont contentés de donner la maniere de mettre en perſpective certains points déterminés du corps ; mais ils n'ont rien dit de la ligne de contact du corps avec la ſurface conique circonſcrite, ligne qui eſt la plus importante, puiſqu'elle eſt celle du contour apparent du corps.

La méthode précédente eſt purement analytique, & je n'entre dans aucun détail de conſtruction, mais elle eſt compriſe dans les conſtructions que j'ai déja données des fonctions arbitraires.

Reprenons actuellement le Problême général des Ombres.

PROBLÊME V.

Trouver les équations des ſurfaces qui enveloppent l'Ombre & la Pénombre d'un corps opaque quelconque, éclairé par un corps lumineux quelconque, les deux corps étant donnés de figures & de poſitions dans l'eſpace.

SOLUTION.

D'après tout ce qui précède, il eſt clair que les ſurfaces demandées, doivent être engendrées par la continuelle interſection avec lui-même d'un plan qui tourne autour des deux corps ſans ceſſer de leur être tangent, avec cette différence ſeulement, que le plan doit toucher les deux corps du même côté pour engendrer la ſurface de l'ombre pure, & qu'il les doit toucher dans des côtés oppoſés, pour engendrer la ſurface de la pénombre. Cherchons donc d'abord l'équation d'un plan quelconque tangent aux ſurfaces des deux corps, & pour cela, ſoient .....

x, y & z les coordonnées du plan demandé,
x', y' & z' les coordonnées du corps lumineux,
Enfin x'', y'' & z'' les coordonnées du corps opaque.

Toutes rapporteés aux mêmes axes & à la même origine. Les corps étant donnés de figures & de poſitions, on doit avoir en x', y' & z' l'équation du corps lumineux, & en x'', y'' & z'' celle du corps opaque; ſoient donc $z'=K'$ la premiere & $z''=K''$ la ſeconde, de manière qu'en différenciant, l'on ait .....

$$dz' = p'dx' + q'dy',$$
$$\text{Et } dz'' = p''dx'' + q''dy'',$$

K' étant donné en x' & y', K'' en x'' & y'' & les quantités p', q', p'' & q'', qui peuvent s'obtenir par la différenciation, les deux premières en x' & y, & les deux autres en x'' & y'', devant par conſéquent être regardées comme données.

Cela poſé, BAC & CAD étant les plans de projections, FIG. 3.

AC la ligne des x', AD celle des y' & AB celle des z, ſoit M un point de la ſurface du corps lumineux, SME & FMG deux ſections faites par le point M dans la ſurface, l'une perpendiculairement aux y', & l'autre perpendiculairement aux x', & auxquelles on ait mené par le point M les tangentes MT, Mt; il eſt évident que le plan mené par les deux tangentes, touchera la ſurface au point M; on ſait de plus, que l'équation d'un plan eſt généralement $z = Ax + By + C$, A étant la tangente de l'angle que fait, avec le plan horizontal, une ſection faite dans le plan perpendiculairement aux y, B étant la tangente de l'angle que fait, avec le plan horizontal, une ſection perpendiculaire aux x; donc pour le plan tangent en M, on aura $A = tang.\, Mt Q = \frac{dz}{dx} = p'$, & $B = tang.\, MTQ = \frac{dz}{dy} = q'$; enfin ſi l'origine étoit en M, on auroit $C = o$, & l'équation ſeroit $z = p'x + q'y$; mais il faut tranſporter l'origine au point fixe A, c'eſt-à-dire, faire $x = x - x'$, $y = y - y'$ & $z = z - K'$, donc on aura pour équation d'un plan tangent au corps lumineux, en un certain point M, ...,

$$(A)\quad z = p'(x - x') + q'(y - y') + K'.$$

Par la même raiſon, l'équation d'un plan tangent au corps opaque ſera .....

$$z = p''(x - x'') + q''(y - y'') + K'',$$

x' & y' étant les coordonnées du point de contact du premier, & x'' & y'' celle du point de contact du ſecond.

Pour exprimer maintenant que ces deux plans ſe confondent, ou que le même plan eſt également tangent aux deux corps, il faut égaler entr'eux tous les coëfficiens correſpondans de x & de y, & les quantités qui ne multiplient ni x ni y, on aura donc les trois équations ſuivantes,

$$(B)\quad p' = p'',$$
$$(C)\quad q' = q'',$$
$$K' - p'x' - q'y' = K'' - p''x'' - q''y'',$$

Ou;

Ou, à cauſe de (B) & de (C), ...

$$(D)\quad K'-K''=p'(x'-x'')+q'(y'-y'').$$

Si, par le moyen des trois équations (B), (C), (D), on élimine de (A) trois des quatre indéterminées x', y', x'' & y''; par exemple, y', x'' & y'', il reſtera en x, y, z & x', l'équation (E) d'un plan tangent en même-tems aux deux corps, & dont la poſition ſera différente, ſuivant les différentes valeurs que l'on donnera à x', & cette équation ſera de cette forme .....

$$(E)\quad z=Ax+By+C.$$

A, B & C étant des quantités connues en x' & conſtantes, & trouvées par les opérations précédentes.

Avant que d'aller plus loin, on doit remarquer que l'équation (E) eſt également celle du plan tangent aux deux corps du même côté, & celle du plan qui touche les corps dans des côtés oppoſés; ou, pour mieux dire, les opérations indiquées précédemment, donneront pour chacune des quantités A, B & C, pluſieurs valeurs, dont les unes appartiendront au premier plan, & les autres au ſecond. Pour le démontrer, il faut obſerver que les quantités K' & K'' que j'ai employées, & qui ſont les expreſſions des coordonnées des ſurfaces du corps lumineux & du corps opaque, peuvent avoir pluſieurs valeurs; que même ſi les ſurfaces de ces corps ſont fermées à la manière des ellipſoïdes, elles doivent néceſſairement en avoir deux réelles. Suppoſons donc, un inſtant, que chacune de ces quantités ait deux valeurs, que G & g ſoient les deux valeurs de K', G' & g' celles de K'', enfin que l'on ait $G>g$ & $G'>g'$. Il eſt clair que ſi l'on veut avoir l'équation du plan tangent aux deux corps du même côté, il faudra employer, dans les équations précédentes, les deux grandes valeurs G & G' conjointement, ou les deux petites g & g', ſuivant le côté où l'on veut avoir le plan tangent; qu'au contraire, ſi l'on veut avoir l'équation du plan tangent de deux côtés différens, il faudra employer en même-tems pour K' & K'', la plus grande valeur G de l'une,

& la plus petite g' de l'autre, ou réciproquement g & G'; ce qui fait juſqu'ici pour le même x' quatre plans, qui ſeront toujours différens & donneront toujours quatre ſurfaces différentes, ſi les quantités G, g, G' & g' ſont données chacune par une loi particulière, ou que les parties ſupérieure & inférieure de la ſurface de chacun des corps ne faſſent pas parties de la même ſurface courbe : mais ces quatre plans n'engendreront que deux ſurfaces courbes différentes, ſi les quantités G & g, de même que G' & g', ſont données par la même loi, qu'elles ſoient par conſéquent de nature à ſe changer l'une en l'autre dans certaines valeurs de x'; ce qui arrivera toutes les fois qu'elles ſeront les racines d'une même équation, & que la ſurface de chaque corps ſera ſoumiſe à la loi de continuité. Dans ce cas, les ſurfaces de l'ombre & de la pénombre ſeront chacune ſoumiſe à une même loi, & pourront chacune être définie par une équation unique qui lui conviendra dans toute ſon étendue. Dans le cas, au contraire, où les parties ſupérieures & inférieures de chaque corps ſeroient aſſujéties chacune à une loi particulière, les valeurs de G & g, de même que de G' & g', pourroient chacune s'exprimer analytiquement; mais elles ne ſeroient pas de nature à ſe changer l'une en l'autre, & les ſurfaces de l'ombre & de la pénombre, ſeroient chacune l'aſſemblage diſcontinu de deux parties de ſurfaces continues; enfin ſi les deux ſurfaces des corps étoient totalement diſcontinues, les valeurs des quantités G, g, G' & g' ne pourroient plus s'exprimer analytiquement, & les ſurfaces de l'ombre & de la pénombre n'auroient plus d'équations analytiques, autres que celle qui convient généralement aux ſurfaces développables.

Il ſuit de-là, que l'équation (E) doit appartenir à tous les plans qui peuvent, de quelque manière que ce ſoit, toucher à-la-fois les ſurfaces des deux corps, le point de contact avec le corps lumineux répondant à l'abciſſe x; que par conſéquent, en donnant ſucceſſivement aux coëfficiens, A, B & C, toutes les valeurs dont ils ſont ſuſceptibles, on aura autant d'équations (E'), (E''), (E'''). . . &c. qu'il y a de manières poſſibles de mener

un plan tangent à-la-fois aux deux corps, ainſi que, ſuivant que celle de ces équations que l'on aura employée, appartiendra à un plan qui touchera les deux corps, ou du même côté, ou dans des côtés oppoſés, on aura dans la ſuite l'équation d'une partie de la ſurface de l'ombre pure ou de la pénombre: le reſte de la ſolution étant commun aux deux ſurfaces, doit s'entendre de l'ombre & de la pénombre.

Soient comme précédemment AC, la ligne des x, AD celle des y, AB celle des z & GHIK le plan tangent aux deux ſurfaces données & dont l'équation eſt ..... FIG. 54.

$$(E)\quad z = Ax + By + C,$$

A, B & C étant des fonctions de conſtantes & de l'abciſſe x', qui convient au point de contact avec la ſurface lumineuſe. Cela poſé, ſi l'on conçoit que x' devienne $x' + dx'$, & que ∂ ſoit le caractère de cette eſpèce de différentielle, l'équation (E) deviendra .....

$$(F)\quad z = (A + \partial A)\,x + (B + \partial B)\,y + C + \partial C,$$

Qui ſera l'équation d'un autre plan G′H′I′K′, infiniment peu différent du premier, tangent comme lui aux deux corps, & qui le coupera en une droite EF, qui ſe trouvera toute entière ſur la ſurface demandée. La projection horizontale de cette droite ſera ef, dont on aura l'équation en égalant les deux valeurs de z priſes dans les équations (E) & (F); ainſi, cette équation ſera .....

$$(G)\quad x\tfrac{\partial A}{dx'} + y\tfrac{\partial B}{dx'} + \tfrac{\partial C}{dx'} = 0:$$

La ſurface demandée doit donc être telle, que les deux équations (E) & (G) aient toujours lieu en même-tems, quelque valeur que puiſſe avoir l'indéterminée x', puiſque ſi l'on veut avoir les points de cette ſurface qui ſe trouvent dans le plan GHIK dont l'équation eſt (E), il faut prendre ceux qui répondent à la droite ef, dont l'équation eſt (G); donc éliminant x' de ces deux équations, on aura en x, y & z celle de la ſurface de l'ombre pure & de la pénombre.

Remarques.

I.

Pour trouver l'équation (G) j'aurois pu dire plus ſimplement: « Différenciez l'équation (E) en regardant x, y & z comme conſ- » tans; » auſſi, dans la ſuite, je me ſervirai de cette expreſſion pour indiquer la même opération.

II.

Si, dans l'équation en x, y & z de la ſurface de l'ombre ou de la pénombre, on met pour z la valeur correſpondante de K'', on aura en x & y l'équation de la projection horizontale de la ligne de contact de cette ſurface avec le corps opaque; d'où il ſuit qu'on connoîtra ſur la ſurface du corps les deux limites de la partie totalement dans l'ombre, & de la partie éclairée par tout le corps lumineux; & la zone renfermée entre ces deux limites, ne ſera éclairée que par une partie du corps lumineux. Si l'on met de même pour z les valeurs de K', on aura de même les équations des projections horizontales des lignes de contact des ſurfaces de l'ombre & de la pénombre avec celle du corps lumineux.

III.

On peut trouver les équations de projections des lignes de contact ſans avoir réſolu le Problême; car des trois équations (B), (C) & (D), on peut éliminer x'' & y'' & l'on aura en x' & y' l'équation du contact du corps lumineux; réciproquement ſi l'on élimine x' & y', on aura en x'' & y'' l'équation du contact du corps opaque.

Eclairciſſons tout cela par un exemple connu.

Exemple.

Soit propoſé de trouver les équations des ſurfaces de l'ombre

& de la pénombre d'une ſphère opaque éclairée par une ſphère lumineuſe, les deux centres ſe trouvant ſur la ligne des x.

Soit placée l'origine au centre de la ſphère lumineuſe, ſoit a ſon rayon, b celui de la ſphère opaque, & c la diſtance des centres, l'équation de la première ſphère ſera .....

$$z'^2 = a^2 - x'^2 - y'^2;$$

Celle de la ſeconde, ſera .....

$$z''^2 = b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2;$$

On aura donc .....

$$K' = V(a^2 - x'^2 - y'^2);$$

$$K'' = V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right),$$

$$p' = \frac{-x'}{V(a^2 - x'^2 - y'^2)},$$

$$q' = \frac{-y'}{V(a^2 - x'^2 - y'^2)},$$

$$p'' = \frac{-(x'' - c)}{V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)},$$

$$q'' = \frac{-y''}{V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)};$$

Et les équations (A), (B), (C) & (D), deviendront .....

(A) $z = \frac{-x'(x - x') - y'(y - y')}{V(a^2 - x'^2 - y'^2)} + V(a^2 - x'^2 - y'^2)$,

(B) $x' V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right) = (x'' - c) V(a^2 - x'^2 - y'^2)$;

(C) $y' V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y'^2\right) = y'' V(a^2 - x'^2 - y'^2)$,

(D) $V(a^2 - x'^2 - y'^2) - V\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right) + \frac{x'(x' - x'') + y'(y' - y'')}{V(a^2 - x'^2 - y'^2)} = 0$;

Chaſſant y'' des trois dernières, on trouvera, indépendamment de y', les valeurs ſuivantes de x' & de x'': .....

$$x' = \frac{a}{c}(a \mp b),\ x'' = c - \frac{b}{c}(b \mp a);$$

D'où l'on conclura d'abord que les lignes de contact doivent être dans des plans perpendiculaires aux x, déterminés de poſition par les deux équations; enſuite réduiſant (A) & mettant pour x'

ſa valeur, on aura .....

$$(E)\quad z = \frac{a^2c - ax(a \mp b) - cyy'}{\sqrt{(a^2c^2 - a^2(a \mp b)^2 - c^2y'^2)}};$$

On différenciera cette équation en ne faiſant varier que y', l'on ſera ſa différentielle $= o$, & l'on en tirera .....

$$(G)\quad y' = \frac{ay}{c}\left(\frac{ac - x(a \mp b)}{z^2 + y^2}\right);$$

Subſtituant cette valeur dans (E), on aura .....

$$(z^2 + y^2)\cdot\left(c^2 - (a \mp b)^2\right) = \left(ac - x(a \mp b)\right)^2;$$

Équation qui appartient aux deux ſurfaces de l'ombre & de la pénombre. Le ſigne ſupérieur donne l'équation d'une ſurface conique tangente aux deux ſphères, le ſommet étant au-delà d'un des corps par rapport à l'autre, il appartient à l'ombre pure; le ſigne inférieur donne celle d'un cône circonſcrit aux deux ſphères & dont le ſommet eſt entre deux, il appartient à la pénombre; ce que l'on ſavoit déja.

Problême VI.

Etant donnés de figures & de poſitions dans l'eſpace deux corps, l'un opaque & l'autre lumineux, trouver les équations des contours de l'Ombre & de la Pénombre du corps opaque, projetés ſur une ſurface quelconque auſſi donnée de figure & de poſition.

Solution.

Ayant trouvé en x, y & z, par le Problême précédent, les équations des ſurfaces de l'ombre & de la pénombre, ayant auſſi en x, y & z, par les conditions du Problême, l'équation de la ſurface ſur laquelle l'ombre & la pénombre ſont portées, ſi l'on élimine z de ces équations, on aura en x & y les équations des projections horizontales des courbes demandées.

Les deux Problêmes précédens ne laiſſent plus rien à deſirer ſur la détermination géométrique des Ombres, en ſuppoſant que les rayons de lumière ſe propagent toujours en lignes

droites, & n'éprouvent aucune inflexion aux approches du corps opaque; mais, ſi l'on ſuppoſe que le corps opaque exerce ſur les rayons de lumière une action qui les détourne de leur route, il eſt évident qu'il doit en réſulter une altération dans l'ombre & la pénombre, qui ſeront terminées ou enveloppées par d'autres ſurfaces, ſur la nature deſquelles on ne peut prononcer, qu'on n'ait auparavant aſſigné la loi ſelon laquelle ſont briſés les rayons de lumière tangens au corps opaque.

Scholie.

Pour déterminer la nature & la poſition d'une ſurface développable, il ſuffit de donner la courbe à double courbure, qui en eſt l'arête de rebrouſſement, ou, ce qui revient au même, les équations de projection de cette courbe $y = \psi \cdot x$ & $z = \varphi \cdot x$, étant données, il ne reſte plus rien d'indéterminé dans l'équation de la ſurface; car cette équation eſt, comme on l'a vu, Problême premier .....

$$z = \varphi V + (x - V)\varphi' V,$$

V ſatisfaiſant à l'équation .....

$$y = \psi V + (x - V)\psi' V:$$

Donc, connoiſſant les formes des fonctions φ & ψ, l'élimination de V donnera en x, y & z, l'équation de la ſurface qui ſera déterminée. Mais il faut bien remarquer que l'arête de rebrouſſement ne ſuffit pour déterminer la ſurface développable, que parce qu'elle eſt une *courbe ſingulière* qui la caractériſe, toute autre courbe ne ſeroit pas ſuffiſante; car il n'y a aucune courbe par laquelle on ne puiſſe faire paſſer une infinité de ſurfaces développables, coniques, par exemple, ou cylindriques ... &c.

On a vu, dans la Théorie des Ombres, qu'une ſurface développable eſt donnée de poſition, lorſqu'on donne deux ſurfaces auxquelles elle doit être circonſcrite, elle le ſeroit pareillement, ſi, au-lieu des deux ſurfaces, on ne donnoit que les lignes de contact par leſquelles elle doit paſſer; donc deux courbes à

double courbure suffisent pour déterminer la position d'une surface développable.

Voyons actuellement comment on peut trouver l'équation de la surface d'après ces données.

Problême VII.

Trouver l'équation d'une surface développable, connoissant les équations de deux courbes à double courbure par lesquelles elle doit passer.

Solution.

Si l'on conçoit qu'un plan tangent aux deux courbes, tourne autour d'elles sans cesser de les toucher, & qu'on considère le plan dans deux positions consécutives, on aura deux plans dont l'intersection passera par les deux points de contact, & par conséquent par les deux courbes données: or deux pareilles intersections consécutives sont dans un même plan, puisqu'elles sont les intersections du même plan avec celui qui le suit & celui qui le précède immédiatement: donc la suite de ces intersections composera une surface développable, qui passera par les deux courbes données, & qui sera par conséquent la surface demandée. Ainsi, la question est réduite à trouver l'équation de la continuelle intersection avec lui-même d'un plan toujours tangent aux deux courbes données. Cherchons d'abord l'équation d'un plan tangent à-la-fois aux deux courbes, & pour cela soient x, y & z les coordonnées du plan, $y=F\cdot x$ & $z=f\cdot x$ les équations de projections d'une des courbes données, $y=F\cdot x$ & $z=f\cdot x$ celles des projections de l'autre courbe; & faisant, pour un instant, abstraction d'une de ces courbes, cherchons l'équation du plan tangent à l'autre: cette équation contiendra deux indéterminées, parce que la position d'un plan n'est pas fixée par la condition d'être tangent à une courbe donnée.

Fig. 2. Soient GNK la courbe à laquelle il est question de mener un plan tangent, EMY & HTX ses projections horizontale

&

& verticale, dont les équations ſoient $y = F \cdot x$ pour la première, & $z = f \cdot x$ pour la ſeconde; ſoient de plus N le point de la courbe par lequel doit être mené le plan tangent, M & T ſes projections, & x' l'abciſſe AV qui lui répond, on aura $VM = F \cdot x'$ & $MN = NT = f \cdot x'$; enfin ſoient LN la tangente au point N, QM & RT ſes deux projections. Cela poſé, le plan devant paſſer par la droite LN, ſon équation doit être telle, qu'en mettant pour y ſa valeur priſe dans l'équation de la droite QM, on obtienne pour z ſa valeur priſe dans l'équation de la droite RT: or l'équation générale du plan eſt .....

$$z = Ax + By + C,$$

Et celles des droites QM & RT ſont, comme nous avons vu Problême premier, ...

$$y = F \cdot x' + (x - x') F' \cdot x',$$
$$\text{Et } z = f \cdot x' + (x - x') f' \cdot x':$$

Donc il faut que les conſtantes A, B & C ſoient telles, que l'on ait .....

$$f \cdot x' + (x - x') f' \cdot x' = Ax + B\left(F \cdot x' + (x - x') F' \cdot x\right) + C;$$

Ou bien, paſſant tout dans un membre, & ordonnant par rapport à x, ...

$$x(f' \cdot x' - A - BF' \cdot x') + f \cdot x' - x'f' \cdot x' - B(F \cdot x' - x'F' \cdot x') - C = 0;$$

D'où l'on tire, en égalant à zéro le coëfficient de x & le terme ſans x, les valeurs ſuivantes de B & de C: .....

$$B = \frac{f' \cdot x' - A}{F' \cdot x'},$$
$$\text{Et } C = f \cdot x' - Ax' + (A - f' \cdot x') \frac{Fx'}{F' \cdot x'}:$$

Mettant ces valeurs dans l'équation $z = Ax + By + C$, on aura, pour équation du plan tangent à la courbe GNK, ...

$$(A)\ z = Ax + y \frac{f' \cdot x' - A}{F' \cdot x'} + f \cdot x' + (A - f' \cdot x') \frac{Fx'}{F' \cdot x'} - Ax',$$

Dans laquelle la quantité A doit être déterminée par la condition que le plan ſoit tangent à l'autre courbe.

En opérant de la même manière ſur l'autre courbe, on

trouvera pareillement que x'' étant l'abciſſe, qui répond au point de contact, l'équation de ſon plan tangent ſera ....

$$(B)\quad z = A'x + y\frac{f'.x''-A}{F'.x''} + f.x'' + (A' - f'.x'')\frac{F.x''}{F'.x''} - A'x''.$$

Actuellement, ſi l'on veut exprimer que ces deux plans ſe confondent en un ſeul plan tangent aux deux courbes, il faut rendre les deux équations (A) & (B) identiquement les mêmes, c'eſt-à-dire, égaler les coëfficiens de x, de y & les termes ſans x ni y, ce qui donnera les équations ſuivantes: .....

$$A = A',$$

$$\frac{f'.x'-A}{F'.x'} = \frac{f'.x''-A}{F'.x''},$$

$$(C)\quad f.x' - fx'' + (A - f'.x')\frac{F.x'}{F'.x'} - (A - f'.x'')\frac{F.x''}{F'.x''} - A(x'-x'') = 0:$$

On tire de la ſeconde .....

$$A = \frac{f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x'}{F'.x'' - F'.x'}.$$

Subſtituant cette valeur de A & de A', dans les deux équations (A) & (C), & réduiſant, on aura .....

$$(D)\quad (z - f.x')(F'.x'' - F'.x') = (z - x')(f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x') + (y - F.x')(f'.x'' - f'.x'),$$

$$(e)\quad (f.x'' - f.x')(F'.x'' - F'.x') = (x'' - x')(f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x') + (F.x'' - F.x')(f'.x'' - f.x').$$

Cette dernière équation (e) étant en x' & x'' ſimplement, indique que l'un des points de contact étant donné, l'autre s'enſuit néceſſairement.

Si l'on prend, dans cette équation, la valeur de x'' en x' pour la ſubſtituer dans (D), on aura en x, y, z & x' l'équation du plan tangent aux deux courbes, & cette équation ſera de cette forme .....

$$(E)\quad z = Ax + By + C,$$

A, B & C étant des fonctions de x', & dépendans par conſéquent de la poſition d'un des points de contact : traitant cette équation comme l'équation (E) du Problême 5, on aura pour les mêmes raiſons l'equation de la ſurface demandée, c'eſt-à-dire,

qu'il faudra différencier (E) en regardant x, y & z comme constans; ce qui donnera une nouvelle équation, ... (F) $x\frac{\partial A}{dx'}+y\frac{\partial B}{dx'}+\frac{\partial C}{dx'}=0$; par le moyen de laquelle éliminant x' de (E), on aura l'équation de la surface développable demandée.

Remarques.

I.

On a vu dans la Remarque 1. du Probl. I. que l'équation générale des surfaces développables, doit être de cette forme $z=x\mathrm{F}\cdot q+qy+f\cdot q$, la fonction f satisfaisant à l'équation $y=-x\mathrm{F}'q-f'q$ [Les caractères F & f n'ont ici aucun rapport avec ceux qu'on vient d'employer dans la solution précédente]: donc l'équation en x, y & z, que l'on vient de trouver, doit être de la même forme, & donner la quantité q & les fonctions F & f; mais si, dans les opérations analytiques, on avoit altéré cette forme d'équation, & que l'on eût quelque difficulté à l'y ramener, il faudroit se rappeller que j'ai exprimé par q la quantité $\frac{dz}{dy}$, & $\frac{dz}{dx}$ par $\mathrm{F}\cdot q$: donc, si l'on différencie l'équation trouvée & qu'on mette sa différentielle sous cette forme .... $dz=\mathrm{M}dx+\mathrm{N}dy$, M & N ne renfermant que x & y, on aura $q=\mathrm{N}$ & $\mathrm{F}\cdot q=\mathrm{M}$; la première de ces équations donne la valeur de q, & par la nature de la surface courbe, il doit être possible d'éliminer x & y de la seconde par la seule hypothèse de $q=\mathrm{N}$, puisque, comme nous l'avons vu, l'on doit avoir M = *fonct.* de N = *fonct.* de q: donc l'équation $\mathrm{F}\cdot q$ sera toute en q, & la forme de la fonction F sera connue. Quant à la fonction f, il n'y a plus rien, qui puisse arrêter, puisque tout le reste de l'équation est déterminé.

II.

Ce que l'on vient de dire de l'équation du Problême précédent, doit s'entendre aussi de celle de la surface de l'ombre ou de la pénombre trouvée dans le Problême 5, qu'il est pareille-

ment toujours poſſible de ramener à la forme ..... $z = xF\cdot q + qy + f\cdot q$.

III.

Nous avons vu pareillement, Problême I, que l'équation d'une ſurface développable doit toujours être ſuſceptible de la forme .....

$$z = \varphi V + (x - V)\varphi' V,$$

V étant tel que l'on ait .....

$$y = \downarrow V + (x - V)\downarrow' V.$$

Il s'agit actuellement de faire voir comment les équations des Problêmes 5 & 7 peuvent s'y ramener; mais auparavant il faut ſe rappeller que les fonctions φ & $\downarrow$ ſont ſuppoſées de telles formes, que $z = \varphi x$ & $y = \downarrow x$, ſoient les équations des projections horizontale & verticale de l'arête de rebrouſſement, & que V eſt l'abciſſe qui convient au point où cette arête eſt touchée par le plan tangent à la ſurface au point dont les coordonnées ſont x, y & z. Reprenons donc l'équation..... (E) $z = Ax + By + C$, des Problêmes 5 & 7, qui, comme on l'a déja dit, pour une certaine valeur déterminée de x', appartient à un plan CHIK tangent à la ſurface développable; or, de même qu'en différenciant cette équation, ſans faire varier ni x, ni y, ni z, l'équation (F) $x\frac{\partial A}{dx'} + y\frac{\partial B}{dx'} + \frac{\partial C}{dx'} = 0$, ou $y = -x\frac{\partial A}{\partial B} - \frac{\partial C}{\partial B}$, qui en réſulte, appartient à la projection horizontale ef, de l'interſection EF de deux plans tangens conſécutifs; pareillement ſi l'on différencie l'équation (F), en regardant x & y comme conſtans, l'équation .....

Fig. 5.

$$(G)\quad x\partial\left(\tfrac{\partial A}{\partial B}\right) + \partial\left(\tfrac{\partial C}{\partial B}\right) = 0,$$

Qu'on obtiendra, donnera la valeur de x, ou de l'abciſſe AV, qui répond au point M d'interſection de deux droites conſécutives ef, $e'f'$; mais c'eſt cette abciſſe AV, que j'ai exprimée par V dans les équations générales (*Voyez* Prob. I.):

donc on aura d'abord .....

$$(H)\quad V = \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)};$$

De plus, en éliminant x' des deux équations (F) & (G), on aura en x & y l'équation de la courbe NMP, formée par la ſuite de toutes les interſections M, & projection horizontale de l'arête de rebrouſſement: donc la valeur de y priſe dans cette équation, donnera la forme de $y = \downarrow \cdot x$, & la fonction Ψ ſera déterminée; éliminant de même x' des deux équations (F) & (H), on aura en x & y la valeur de V.

Si on élimine y des deux équations (E) & (F), l'équation

$$(I)\quad z = Ax - B\left(x\tfrac{\partial A}{\partial B} + \tfrac{\partial C}{\partial B}\right) + C,$$

Qu'on en tirera, ſera celle de la projection verticale de la droite EF, donc en différenciant cette équation ſans faire varier ni x ni z, l'équation .....

$$(K) = (G)\quad x\tfrac{\partial A}{\partial B} + \tfrac{\partial C}{\partial B} = 0,$$

Que l'on aura, donnera la valeur de l'abciſſe AV, qui répond à l'interſection de deux de ces projections verticales conſécutives, valeur qui eſt la même que celle qui donne l'équation (G); donc éliminant x' de (G) & de (I), on aura en x & z l'équation de la ſuite de ces interſections ou de la projection verticale de l'arête de rebrouſſement: ainſi la valeur de z en x tirée de cette équation, ſera $z = \varphi x$, & donnera la forme de la fonction φ.

Donc la quantité V & les formes des fonctions φ & $\downarrow$ ſeront déterminées.

Corollaire.

Si le point M étoit fixe, ou que toute la courbe NMP ſe réduiſît à un point unique M, de manière que l'on eût l'abciſſe AV = *conſtante*, la ſurface développable deviendroit un *Fig. 5.*

cône dont la projection du sommet seroit au point M, & l'on auroit .....

$$V, \text{ ou } \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)} = \textit{constante},$$

Ou, parce que les quantités A, B & C ne peuvent pas être différenciées autrement que par rapport à x' dont elles sont uniquement fonctions, il s'ensuit que .....

$$d.\frac{d\left(\frac{dC}{dB}\right)}{d\left(\frac{dA}{dB}\right)} = 0;$$

Est une équation de condition, qui doit être satisfaite par celle de deux courbes à double courbure, pour que ces courbes puissent se trouver sur une même surface conique, les quantités A, B & C étant prises dans le Problême 7; & si ces quantités sont celles que donnent le Problême 5, cette équation sera toujours satisfaite par celles de deux surfaces courbes, lorsque ces surfaces seront de nature à être circonscrites par une même surface conique.

On peut déduire, de tout ce qui précède, la démonstration des solutions des Problêmes suivans, qu'il seroit très-difficile de résoudre sans les considérations géométriques par lesquelles on y est parvenu; ce qui est une nouvelle preuve que l'analyse peut tirer de très-grands secours de la connoissance des propriétés de l'étendue.

QUESTIONS ANALYTIQUES, Dont les Solutions ſont fondées ſur les Recherches précédentes.

PROBLÊME VIII.

Etant donnée l'équation $z=\varphi V+(x-V)\varphi' V$, *dans laquelle* V *eſt une fonction inconnue de* x *&* y, *dont on ſait ſeulement qu'elle doit généralement ſatisfaire à l'équation* $y=\downarrow V+(x-V)\downarrow' V$, *les formes des fonctions* φ *&* $\downarrow$ *étant indéterminées, trouver la valeur de* V, *& les formes des fonctions* φ *&* $\downarrow$, *pour que la propoſée ſatisfaſſe aux deux conditions ſuivantes,* 1.° *qu'en faiſant* $y=Fx$, *on ait* $z=f\cdot x$, 2.° *qu'en faiſant* $y=F\cdot x$, *on ait* $z=f\cdot x$.

SOLUTION.

Soient poſées les deux équations ſuivantes, tirées du Problême 7, ...

(D) $(z-f.x')(F'.x''-F'.x')=(x-x')(f'.x'F'.x''-f'.x''F'.x')+(y-Fx')(f'.x''-f'.x')$,

(e) $(f.x''-f.x')(F'.x''-F'.x')=(x''-x')(f'x'F'.x''-f'.x''F'.x')+(F.x''-Fx')(f'.x''-f'.x')$;

Soit priſe, dans la ſeconde, la valeur de x'' en x', pour la ſubſtituer dans la première; ce qui donnera une équation de cette forme .....

$$(E)\quad z=Ax+By+C,$$

Dans laquelle les quantités A, B & C ſeront données en x': ſoit ∂ le caractère d'une différentielle priſe en ne faiſant varier que x', & ſoient poſées les quatre équations ſuivantes.

$$(F)\cdot y = -x\frac{\partial A}{\partial B} - \frac{\partial C}{\partial B},$$
$$(G)\cdot x\partial\frac{\partial A}{\partial B} + \partial\frac{\partial C}{\partial B} = 0,$$
$$(H)\cdot V = \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)},$$
$$(I)\cdot z = Ax - B\left(x\frac{\partial A}{\partial B} + \frac{\partial C}{\partial B}\right) + C.$$

Cela posé, 1.° Si l'on élimine x' de (E) & de (F), on aura la valeur de z qui satisfait au Problême.

2.° Si l'on élimine x' de (F) & de (G), on aura une équation dont la valeur de y en x donnera la forme de la fonction ψ.

3.° Si l'on élimine x' de (G) & de (I), on aura une équation dont la valeur de z en x donnera la forme de la fonction φ.

4.° Enfin si l'on élimine x' de (H) & de (F), on aura une équation en V, x & y, qui donnera la valeur de V.

PROBLÊME IX.

Etant donnée l'équation $z = x\varphi\cdot q + yq + \psi\cdot q$, *dans laquelle* q *est une quantité inconnue dont on sait seulement qu'elle est fonction de* x *&* y, *& les fonctions* φ *&* ψ *devant seulement être telles, que la différentielle de la proposée prise en ne faisant varier que* q, *soit* $=0$, *ou que l'on ait* $x\varphi'\cdot q + y + \psi'\cdot q = 0$, *déterminer la quantité* q *& les formes des fonctions* φ *&* Ψ *pour qu'elles satisfassent aux deux conditions du Problême précédent, c'est-à-dire, qu'en faisant,* 1.° $y = Ex$, *on ait* $z = f\cdot x$, 2.° *Qu'en faisant* $y = F\cdot x$, *on ait* $z = f\cdot x$.

SOLUTION.

Tout étant comme dans le Problême précédent, si l'on élimine x' de (E) & de (F), on aura une équation $z = Q$ qui satisfera

ſatisfera à la queſtion, comme la précédente. Soit de plus différenciée cette équation, & ſoit $dz = M dx + N dy$ ſa différentielle, M & N ne contenant que x & y; on aura 1.° $q = N$, 2.° $\varphi q = M$. Mais ſi, de ces deux équations, on élimine x, y s'éliminera néceſſairement; car M doit être néceſſairement fonction de N, & par conſéquent fonction de q; donc on aura $\varphi \cdot q$ en q, & la quantité q, de même que la forme de la fonction φ ſeront déja connues.

Quant à la fonction ψ, l'on doit avoir $\psi q = z - x\varphi \cdot q - qy$ & par conſéquent $\psi \cdot q = Q - x\varphi \cdot q - qy$, d'où éliminant x par l'équation $q = N$, y s'éliminera auſſi néceſſairement, & l'on aura ψq en q.

PROBLÊME X.

Etant donnée l'équation $z = \varphi V + (x - V)\varphi' V$, V *devant généralement ſatisfaire à l'équation* $y = \psi V + (x - V)\psi' V$, *déterminer la valeur qu'il faut donner à* V, *& les formes des fonctions* φ *&* ψ, *pour que la ſurface, qui ſera le lieu de la propoſée ſoit circonſcrite à deux ſurfaces données, & telles* 1.° *que* x', y' *&* z', *étant les coordonnées de la première rapportée aux mêmes axes, l'on ait, pour ſon équation,* $z' = K'$ *ou* $dz' = p' dx' + q' dy'$; 2.° *Que* x'', y'' *&* z'' *étant les coordonnées de la ſeconde, ſon équation ſoit* $z'' = K''$, *ou* ..... $dz'' = p'' dx'' + g'' dy''$.

SOLUTION.

Soient poſées les quatre équations ſuivantes, tirées du Problême 5, ...

$$(A) \cdot \quad z - K' = (x - x')p' + (y - y')q',$$
$$(B) \cdot \quad K'' - K' = (x'' - x')p' + (y'' - y')q',$$
$$(C) \cdot \quad p' = p'',$$
$$(D) \cdot \quad q' = q'',$$

Et ſoient ſubſtituées, dans la première, les valeurs de x'', y' &

y'' prises dans les trois autres, on obtiendra une équation (E) $z = Ax + By + C$, dans laquelle les coëfficiens A, B & C soient donnés en x', on traitera cette équation comme celle du Problème 8, & l'on trouvera de même la quantité V & les formes des fonctions φ & ψ.

PROBLÊME XI.

Etant donnée l'équation $z = x\varphi \cdot q + qy + \psi \cdot q$, *dans laquelle* q *est une inconnue, mais où la fonction* ψ *doit être telle, que la différentielle de la proposée prise en ne faisant varier que* q, *soit satisfaite, ou que l'on ait* $x\varphi' \cdot q + y + \psi' \cdot q = o$, *déterminer* q *& les fonctions* φ *&* ψ, *de manière que le lieu de la proposée satisfasse aux conditions du Problême précédent.*

SOLUTION.

On prendra l'équation (E) du Problême précédent, on la traitera comme l'équation (E) du Problême 9, & on aura de même la quantité q, & les formes des fonctions φ & ψ demandées.

SCHOLIE.

Dans tout ce qui précède, je n'ai détaillé des propriétés des surfaces développables, que celles dont elles jouissent entant que développables: si l'on y joint ce que j'ai dit ailleurs de ces sortes de surfaces considérées comme lieux géométriques des développées des courbes à double courbure, on en aura une théorie complète; mais si l'on se rappelle la définition que j'ai donnée au commencement de ce Mémoire, où j'ai dit, 1.° que les surfaces développables étoient composées de lignes droites; 2.° que deux de ces droites consécutives étoient toujours dans un même plan, la première condition indiquoit le genre, la seconde caractérisant l'espèce, on reconnoîtra facilement que ces surfaces font partie d'une famille de surfaces courbes beaucoup plus générale, & remarquable en cela, que tout ce qui n'est pas compris dans la classe des surfaces développables, est déja connu

ſous le nom générique de *ſurfaces gauches ;* car c'eſt ainſi qu'on a coutume d'appeller les ſurfaces compoſées de lignes droites, dont deux conſécutives ne ſont jamais dans un même plan; elles ſe préſentent très-fréquemment dans les Arts, particulièrement en Architecture. Les ſurfaces de l'*Arriere vouſſure de Marſeille*, des conoïdes des *voûtes d'arêtes en tour ronde, rampantes ou de niveau*, des faces ſupérieures & inférieures des *limons* des eſcaliers tournans ... &c. ſont, pour l'ordinaire, des ſurfaces gauches. Il ne ſera donc pas inutile d'entrer ici dans quelques détails ſur leur nature & leur conſtruction.

DES SURFACES GAUCHES.

PROBLÊME XII.

Trouver l'équation générale des ſurfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite.

SOLUTION.

De cela ſeul qu'une ſurface eſt engendrée par le mouvement d'une droite, il s'enſuit qu'elle ne doit avoir aucun point par lequel on ne puiſſe mener une ligne droite qui ſe trouve toute entière ſur la ſurface; car on peut toujours, par le point, mener une droite ſuivant la direction qu'avoit la droite génératrice, lorſque, dans ſon mouvement, elle paſſoit par ce point. Soient donc BAC, CAD les deux plans, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels doit être rapportée l'équation demandée; ſoit M un point de la ſurface pour lequel on ait les coordonnées AP = x, PQ = y & QM = z; ſoit NMI, la droite menée par le point M & qui ſe trouve toute entière ſur la ſurface; enfin ſoient EF & nl les projections horizontale & verticale de cette droite; il eſt évident que quelque part que ſoit pris le point Q, c'eſt-à-dire, pour un x & un y pris à volonté, ſi l'on mène un plan vertical par EF, il coupera la ſurface en une droite dont *FIG. 6.*

la projection verticale ſera la droite nl : or l'équation du plan vertical ne peut être que de cette forme $y = Ax + B$, celle de la projection verticale nl ne peut être que de celle-ci $z = Cx + D$; l'équation de la ſurface doit donc être telle, qu'en faiſant $y = Ax + B$, l'on ait $z = Cx + D$. Voyons actuellement ce que doivent être les quantités A, B, C & D.

Suppoſons, pour un inſtant, que la loi du mouvement de la droite ſoit connue, & que les quantités A & B ſoient regardées comme données, il eſt clair que non-ſeulement la poſition du plan vertical qui paſſe par EF, ſera déterminée; mais encore que la poſition de la droite génératrice dans ce plan, s'enſuivra néceſſairement, & que par conſéquent on ſera en état d'en conclure les valeurs de C & de C; or on n'emploie pour cela que les quantités A & B, qui ſont d'ailleurs néceſſaires; donc les quantités C & D doivent dépendre de A & de B, d'une manière indiquée par la loi du mouvement de la droite génératrice; donc que cette loi ſoit connue ou non, les quantités C & D doivent être certaines fonctions de A & B.

Quant aux quantités A & B, il eſt clair que, ſi l'on ſuppoſe connue la loi du mouvement de la droite génératrice, pour un point Q donné à volonté, c'eſt-à-dire, pour un x & un y quelconque, on doit connoître la poſition de la droite EF, ou celle du plan vertical dans lequel ſe trouve la droite génératrice; donc les quantités A & B doivent dépendre de x & y d'une manière indiquée par la loi du mouvement, & ſi cette loi n'eſt pas énoncée, il s'enſuit au moins que les mêmes quantités ſont fonctions de x & y; mais il faut que ces fonctions ſoient telles, que x & y puiſſent varier dans un certain rapport, ſans que les fonctions éprouvent aucun changement de valeur; car ſi les coordonnées AP & PQ deviennent Ap & pq, de manière que le point Q ſe meuve ſur la droite EF, x & y varieront, & cependant la droite EF ne changera pas de poſition, ni les quantités A & B, de valeurs. Dans tout autre rapport, au contraire, que x & y puiſſent varier, c'eſt-à-dire, ſi le point Q ſe tranſporte en q', la droite EF changera de poſition

& ſe tranſportera en ef; en ſorte que les quantités A & B auront toutes deux varié; il faut donc que A & B ſoient de telles fonctions de x & y qu'une même hypothèſe les rende toutes deux conſtantes ou toutes deux variables, il faut donc qu'elles ſoient de cette forme $F\cdot V$ & $f\cdot V$, la quantité V étant elle-même fonction de x & y, & pouvant devenir conſtante ſans que x & y le ſoient. Cette quantité V doit être déduite de la loi du mouvement, & ſi cette loi eſt inconnue, la valeur de la fonction V le ſera pareillement: or nous avons vu que les coëfficiens C & D ſont des fonctions de A & B; donc ils ſont auſſi des fonctions de V; donc l'équation d'une ſurface engendrée par le mouvement d'une droite, doit être telle, qu'en faiſant $y = xFV + fV$, on ait $z = x\varphi V + \downarrow V$.

Cela poſé, on différenciera la première, en ne faiſant varier que x, puis en ne faiſant varier que y, & l'on aura .....

$$o = xF'\cdot V\partial V + dxFV + f'\cdot V\partial V,$$

$$\text{Et } dy = xF'\cdot V\,dV \ldots\ldots + f'\cdot V\,dV;$$

Multipliant la première par dV, la ſeconde par ∂V, & retranchant, on aura .....

$$-\tfrac{\partial V}{dV} = \tfrac{dx}{dy}FV;$$

Différenciant encore cette équation par rapport à x & par rapport à y, on aura .....

$$-\partial\cdot\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) = \tfrac{dx}{dy}F'\cdot V\,\partial V,$$

$$-d\cdot\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) = \tfrac{dx}{dy}F'\,V\,dV:$$

Enfin éliminant $F'V$, ...

$$(A)\quad dV\cdot\partial\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) = \partial V d\cdot\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right),$$

Ou, ce qui revient au même, ...

$dV^2\partial\partial V - 2\partial V\,dV\,\partial dV + \partial V^2\,ddV = o$; équation qui dit autant que la première $y = xF\cdot V + f\cdot V$, qui en eſt l'intégrale complète.

On différenciera pareillement l'autre équation $z = x\varphi\cdot V + \downarrow V$;

ce qui donnera .....

$$\partial\zeta = x\varphi'\cdot V\partial V + dx\varphi\cdot V + \psi'V\cdot\partial V,$$
$$\text{Et } d\zeta = x\varphi'\cdot V\,dV\cdots\cdots + \psi'V\,dV:$$

Multipliant la première par dV, la seconde ∂V, & retranchant, on aura .....

$$\partial\zeta - d\zeta\tfrac{\partial V}{dV} = dx\varphi\cdot V:$$

Différenciant encore par rapport à x & par rapport à y, on aura .....

$$\partial\partial\zeta - \partial d\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) - d\zeta\partial\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) = dx\varphi'\cdot V\partial V,$$
$$\partial d\zeta - d d\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) - d\zeta d\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) = dx\varphi'\cdot V dV:$$

Éliminant $\varphi'\cdot V$, on aura .....

$$(B)\ \partial\partial\zeta - 2\partial d\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) + dd\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right)^2 + \tfrac{d\zeta}{dV}\left(dV\partial\cdot\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) - \partial V d\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right)\right) = 0;$$

Équation qui eſt auſſi générale que celle-ci : $\zeta = x\varphi\cdot V + \psi V$, qui en eſt l'intégrale finie & complète ; donc, à la place des deux équations $\zeta = x\varphi\cdot V + \psi\cdot V$ & $y = xF\cdot V + fV$, on peut ſubſtituer (A) & (B), & l'équation à laquelle ces deux-ci ſatisferont en même-tems, ſera celle des ſurfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite.

Or l'équation (A) fait évanouir le dernier terme de (B), on aura donc .....

$$(C)\ \partial\partial\zeta - 2\partial d\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right) + dd\zeta\left(\tfrac{\partial V}{dV}\right)^2 = 0;$$

Ou, parce que l'on a trouvé plus haut $-\frac{\partial V}{dV} = \frac{dx}{dy}F\cdot V$, ...

$$(D)\ \tfrac{\partial\partial\zeta}{dx^2} + 2F\cdot V\tfrac{\partial d\zeta}{dx dy} + (FV)^2\tfrac{dd\zeta}{dy^2} = 0;$$

Équation qui ſatisfait à la queſtion, mais qui renferme encore $F\cdot V$, qu'il faut éliminer.

Pour cela, ſoit réſolue l'équation (D), qui donnera ....

$$FV = \frac{-\frac{\partial d\zeta}{dx dy} + V\left(\left(\frac{\partial d\zeta}{dx dy}\right)^2 - \frac{\partial\partial\zeta dd\zeta}{dx^2 dy}\right)}{\frac{dd\zeta}{dy^2}},$$

Ou, en faiſant $(\partial d\zeta)^2 - \partial\partial\zeta\, dd\zeta = \omega$, pour abréger .....

$$\tfrac{dx}{dy}FV = \frac{-\partial d\zeta + V\omega}{dd\zeta};$$

Et ſoit différenciée cette équation par rapport à x, puis par rapport à y; ce qui donnera .....

$$\frac{dx}{dy} F' \cdot V \cdot \delta V = \delta \cdot \frac{-\delta dz + V\omega}{dd z},$$

$$\text{Et } \frac{dx}{dy} F' \cdot V \, dV = d \cdot \frac{-\delta d z + V\omega}{dd z};$$

Diviſant l'une par l'autre, on trouvera .....

$$\frac{\delta l \left(\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z}\right)}{d \cdot \left(\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z}\right)} = \frac{\delta V}{dV} = -\frac{dx}{dy} FV = -\left(\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z}\right),$$

D'où l'on tirera, pour équation demandée, des ſurfaces engendrées par le mouvement d'une droite .....

$$2\delta l \left(\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z}\right) + d \left(\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z}\right)^2 = 0.$$

Remarque première.

L'équation différentielle que l'on vient de trouver, n'eſt pas plus générale que les deux équations .....

$$z = x\varphi \cdot V + \psi \cdot V,$$

$$\text{Et } y = xF \cdot V + f \cdot V,$$

Deſquelles on eſt parti, & qui en ſont l'intégrale finie & complète. Pour le démontrer, faiſons, pour abréger, ...

$$\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z} = K \frac{dx}{dy},$$

Et l'équation différentielle deviendra .....

$$\frac{\delta K}{dx} + K \frac{dK}{dy} = 0.$$

Soit actuellement $\frac{dK}{dy} = \Pi$, on aura $dK = \Pi \, dy$, & $\delta K = -K\Pi \, dx$; ajoutant ces deux équations, l'on aura $dK = \Pi (dy - K dx)$, ou $\frac{1}{\Pi} dK = dy - K dx$. Si l'on retranche, de part & d'autre, $x \, dK$, on aura .....

$$\left(\frac{1}{\Pi} - x\right) dK = dy - d(Kx),$$

Dont l'intégrale complète eſt .....

$$y = Kx + F \cdot K.$$

Reprenons actuellement l'équation $\frac{-\delta dz + V\omega}{dd z} = K \frac{dx}{dy}$, qui donne,

en mettant, pour ω, sa valeur, & faisant disparoître le radical .....

$$K^2 \tfrac{ddz}{dy^2} + 2K \tfrac{\delta dz}{dx\,dy} + \tfrac{\delta dz}{dx^2} = 0;$$

Et soit fait, dans cette équation, $\tfrac{\delta dz}{dx^2} + K\tfrac{\delta dz}{dx\,dy} = R$, on aura ...

$$\tfrac{\delta \delta z}{dx} + K\tfrac{\delta dz}{dy} = R\,dx,$$

$$\text{Et } K\,d\cdot\tfrac{dz}{dx} + K^2 d\tfrac{dz}{dy} = -R\,dy;$$

Multipliant la première par K, & ajoutant la seconde, on aura

$$d\cdot\tfrac{\delta z}{dx} + K\,d\cdot\tfrac{dz}{dy} = \tfrac{-R}{K}(dy - K\,dx);$$

Mais nous avons trouvé précédemment $dy - K\,dx = \tfrac{dK}{\Pi}$: on aura donc .....

$$d\cdot\tfrac{\delta z}{dx} + K\,d\cdot\tfrac{dz}{dy} = -\tfrac{R\,dK}{K\,\Pi};$$

Enfin, ajoutant de part & d'autre $\tfrac{dz}{dy}\,dK$, il viendra, ...

$$d\cdot\tfrac{\delta z}{dx} + K\,d\cdot\tfrac{dz}{dy} + \tfrac{dz}{dy}\,dK = (\tfrac{dz}{dy} - \tfrac{R}{K\,\Pi})\,dK;$$

Équation dont le premier membre est différentielle complète, & qui ne peut appartenir à quelque chose de réel, à moins que le second ne le soit pareillement, & que l'on n'ait par conséquent, pour son intégrale complète $\tfrac{dz}{dx} + K\tfrac{dz}{dy} = \varphi K$, qui sera aussi l'intégrale première & complète de la proposée.

Pour intégrer de nouveau cette équation, soit fait $\tfrac{dz}{dy} = S$; ce qui donnera $dz = S\,dy$ & $\delta z = \varphi\cdot K\,dx - K\,S\,dx$, on aura, en ajoutant .....

$$dz = \varphi\cdot K\,dx + S(dy - K\,dx);$$

Ou, parce que l'on a $dy - K\,dx = \tfrac{dK}{\Pi}$, ...

$$dz = \varphi K\,dx + \tfrac{S\,dK}{\Pi};$$

Ou enfin .....

$$dz = \varphi\cdot K\,dx + x\varphi' K\,dK + (\tfrac{S}{\Pi} - x\varphi' K)\,dK,$$

Qui ne peut avoir lieu sans être différentielle complète, ou sans que le coëfficient de dK ne soit fonction de K, on aura donc, pour

pour intégrale ſeconde & complète de la propoſée, ...

$$z = x\varphi K + \psi K,$$

Pourvu que l'on ait, comme nous l'avons ſuppoſé .....

$dy - K dx = \frac{dK}{\pi}$, ou ſon intégrale .....

$$y = Kx + F \cdot K.$$

Ces équations ſont celles d'où nous ſommes partis; donc l'équation différentielle, que nous avons trouvée, exprime préciſément qu'une ſurface eſt engendrée par le mouvement d'une ligne droite.

Remarque II.

On pourroit objecter, contre la généralité de notre équation, que toute ſurface compoſée de lignes droites, peut auſſi être regardée comme engendrée par les continuelles interſections de deux plans mobiles, ſuivant des loix indépendantes l'une de l'autre, que les équations de ces deux plans ne peuvent être que de la forme .....

$$(E)\quad z = x\varphi \cdot V + y\psi V + \Pi \cdot V,$$

$$\text{Et } (F)\quad z = xF \cdot V + yf \cdot V + f \cdot V,$$

Et que les fonctions φ, ψ, Π, F, f & f ne peuvent dépendre que des loix que ſuivent les plans dans leurs mouvemens, l'équation aux différences partielles ſatisfaite par ces deux équations, doit être du ſixième ordre. Je réponds à cela, que la propoſition, qui énonce que les deux équations (E) & (F), doivent être ſatisfaites par l'équation demandée, contient des rapports néceſſaires entre les fonctions & la quantité V, & que ces rapports ſont en nombre ſuffiſant pour abaiſſer l'équation à l'ordre que nous avons trouvé.

Soient, en effet, priſes les équations aux différences partielles du ſecond ordre des deux équations (E) & (F), on trouvera, pour

la première .....

(G) $\delta\delta\zeta - 2\frac{\delta V}{dV}\delta d\zeta + \frac{\delta V^2}{dV^2} dd\zeta = (\psi \cdot V\, dy - d\zeta)\left(\frac{\delta V}{dV} d \cdot \left(\frac{\delta V}{dV}\right) - \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right)\right)$;

Et, pour la seconde, ...

(H) $\delta\delta\zeta - 2\frac{\delta V}{dV}\delta d\zeta + \frac{\delta V^2}{dV^2} dd\zeta = (f \cdot V\, dy - d\zeta)\left(\frac{\delta V}{dV} d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) - \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right)\right)$.

Or ces deux équations étant de la même généralité que leurs intégrales complètes, (E) & (F) doivent également avoir lieu en même-tems dans l'équation des surfaces engendrées par le mouvement d'une droite, il faut donc que les seconds membres soient égaux entr'eux, ce qui donnera les deux équations .....

$$\frac{\delta V}{dV} d \cdot \left(\frac{\delta V}{dV}\right) = \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right),$$

$$\text{Et } \psi \cdot V = f \cdot V.$$

La première est la même que l'équation (A) du Problême précédent ; & substituée dans (G) & (H), elle les réduit à $\delta\delta\zeta - 2\frac{\delta V}{dV}\delta d\zeta + \frac{\delta V^2}{dV^2} dd\zeta = 0$, qui est l'équation (B) du même Problême ; donc les deux équations (E) & (F) ne peuvent être satisfaites par une même équation, autre que celle que nous avons trouvée. Quant à l'équation $\psi V = fV$, & aux autres $\varphi V = FV$ & $\Pi \cdot V = f \cdot V$ qu'on trouve pareillement, suivant que l'on élimine les coëfficiens de x ou ceux de y, elles indiquent que la seconde condition est trop générale, qu'elle peut même être supprimée, parce qu'on lui substitue celle qui est exprimée par l'équation (A); c'est-à-dire, que les deux équations .....

$$\zeta = x\varphi \cdot V + y\psi \cdot V + \Pi \cdot V,$$

$$\frac{\delta V}{dV} d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) = \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right),$$

Appartiennent à toutes les surfaces engendrées par le mouvement d'une droite, ou par la continuelle intersection de deux plans mobiles.

S'il restoit encore quelques doutes sur cette matière, le Problême suivant, qui ne contient que des considérations géométriques, les leveroit amplement.

Corollaire premier.

Les surfaces développables étant engendrées par le mouvement d'une droite, leur équation générale $\delta\delta z\,dd z=(\delta dz)^2$, doit satisfaire à celle qu'on a trouvée dans le Problême précédent: c'eſt auſſi ce que l'on trouve; car alors on a $\omega=0$, & l'équation ſe réduit à $2\delta\cdot\frac{\delta dz}{dd z}=d\left(\frac{\delta dz}{dd z}\right)^2$, ou $\delta\cdot\frac{\delta dz}{dd z}=\frac{\delta dz}{dd z}d\cdot\frac{\delta\delta z}{\delta dz}$, que l'équation $\omega=0$ rend identique, comme on peut s'en aſſurer en effectuant la différenciation.

Corollaire II.

Il ſuit de-là que le caractère auquel on reconnoîtra l'équation d'une ſurface gauche, eſt qu'elle ſatisfaſſe à .....

$$2\delta\left(\frac{-\partial dz+\sqrt{((\partial dz)^2-\partial\partial z\,ddz)}}{dd z}\right)+d\left(\frac{-\partial dz+\sqrt{((\partial dz)^2-\partial\partial z\,ddz)}}{dd z}\right)^2=0;$$

Et qu'elle ne ſatisfaſſe pas à .....

$$\partial\partial z\,dd z=(\partial dz)^2.$$

Problême XIII.

Conſtruire les deux équations ſimultanées $z=x\Phi\cdot V+\Psi\cdot V$ *&* $y=xF\cdot V+V$, *dans leſquelles on ne connoît ni la quantité* V, *ni les formes de fonctions* Φ, Ψ *&* F, *de manière que la ſurface qui en ſera le lieu géométrique, paſſe par trois courbes à double courbure, continues ou diſcontinues, mais données dans l'eſpace.*

Ou, ce qui revient au même, trois courbes quelconques étant données, conſtruire une ſurface courbe engendrée par le mouvement d'une ligne droite, & qui paſſe par ces trois courbes.

Solution.

Soient BAC & CAD les deux plans, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels on rapporte tout ce qui eſt dans l'eſpace FIG. 9.

par des projections orthogonales. Soient EFRS, GNH & ITKL les trois courbes à double courbure, continues ou discontinues, de manière que E′F′R′S′ & E*f r s* soient les projections données de la première, G′O′H″H′ & GVX les projections données de la seconde, I′T′K′L′ & I*t k l* les projections données de la troisième. Soit pris arbitrairement un point Q correspondant aux coordonnées AP & PQ prises à volonté, & soit menée par le point Q une verticale QM; enfin soit M le point où cette droite coupe la surface demandée, il est évident que la question est réduite à construire la droite QM.

Pour le faire, soit menée sur le plan horizontal, & par le point Q, une droite quelconque F′QL′, qui coupera les trois courbes de projections horizontales aux points F′H′L′, par lesquels soient imaginées trois verticales F′F, H′H, L′L, prolongées jusqu'à ce qu'elles coupent chacune la courbe à double courbure correspondante quelque part en un point qui soit F pour la première, H pour la seconde & L pour la troisième; soit menée la droite FL, qui coupera la verticale H′H quelque part en un point *α*. Il est évident que les trois verticales qu'on vient de mener, la verticale QM, la droite FL & sa projection horizontale F′L′ sont dans un même plan vertical; que de plus, si les points H & *α* ne faisoient qu'un seul & même point, la droite FL passeroit à-la-fois par les trois courbes données, & seroit par conséquent une des positions de la droite génératrice de la surface demandée: le point M′ où cette droite coupe la verticale QM, seroit un point de la surface; & QM′ l'ordonnée demandée. Soit projeté sur le plan vertical tout ce qu'on vient d'imaginer, & pour cela soient abaissées sur AC, & des points F′H′L′, les perpendiculaires F′*f′*, H′P′, L′*l′*, & par les points de rencontre f′ P′ *l′*, soient élevées des verticales prolongées jusqu'à ce qu'elles coupent chacune la projection de la courbe correspondante; ces verticales f′f, P′*h*, *l′l*, seront les projections des ordonnées F′F, H′H, L′L, & si l'on mène la droite f*l*, on aura la projection FL, & le point *h′* où elle coupera la verticale P′*h* sera celle du point *α*: ainsi,

d'après ce que je viens de dire, ſi les points h & h' ſe confondoient, ou que le point h' tombât ſur la courbe GVX, la droite $f\,l$ ſeroit la projection de la droite génératrice, lorſqu'elle paſſe par l'ordonnée demandée, dont Pm' ſeroit la projection verticale. Mais il peut arriver, & c'eſt ce que l'on doit ſuppoſer, que les points α & H ou leurs projections h' & h ne ſe confondent pas; dans cette hypothèſe, ſoit remarqué le point h', & par le point Q, ſoit menée une nouvelle droite R'K' pour laquelle on répétera les mêmes opérations qu'on a faites pour la droite F'L'; c'eſt-à-dire, que par les points R', H'' & K', dans leſquels cette droite coupe les trois projections horizontales des droites données, on abaiſſera ſur AC, des perpendiculaires R'r', H''P'', K'k', qui détermineront les points r'P''k', par leſquels on élevera les verticales r'r, P''v, k'k, qui couperont les trois projections verticales aux points r, v, & k: on menera la droite rk, qui rencontrera P''v quelque part, en un point h'', que je ſuppoſe n'être pas encore ſur la courbe GVX, ni ſe confondre avec le point v · ſi par la ſuite de tous les points h', h'', &c. ainſi déterminés, on fait paſſer une courbe $Yh'h''$, &c. elle coupera GVX quelque part, en un point V, par lequel on abaiſſera la verticale VP''', qui déterminera ſur AC un point P''', par lequel on lui menera, dans le plan horizontal, une perpendiculaire P'''O, qui coupera la courbe G'OH' en un point O: enfin, ſi par le point O & le point Q, on mène une droite S'T', on aura la projection horizontale de la droite génératrice, lorſqu'elle paſſe par l'ordonnée QM.

Par les points S' & T', où cette droite coupe les courbes E'F'S' & I'T'K'L', on abaiſſera ſur AC des perpendiculaires S's', T't', qui donneront les points s' & t', par leſquels on menera aux projections verticales correſpondantes les ordonnées s's, t't, & l'on menera la droite st: je dis que cette droite coupera la verticale P''V & la courbe GVX, dans le même point V, ce qui eſt évident par la conſtruction, & que par conſéquent elle ſera la projection verticale de la

droite génératrice, lorſqu'elle paſſe par l'ordonnée demandée; d'où il ſuit que le point m, où elle coupera la verticale Pm', ſera la projection verticale du point demandé de la ſurface: Donc, ſi l'on fait $QM = Pm$, le point M ſera ſur la ſurface.

Remarque.

Cette conſtruction n'eſt pas ſi compliquée qu'elle le paroît au premier coup-d'œil; car, quoiqu'il faille conſtruire une courbe $Yh'h'V$ pour déterminer le point M, il faut cependant obſerver que cette courbe, une fois conſtruite, donne toutes les ordonnées correſpondantes à tous les points Q qui ſe trouvent ſur la droite $S'T'$: ainſi, par exemple, le point q étant pris ſur la droite $S'T'$, & répondant aux coordonnées $A\pi$ & πq, ſi l'on veut trouver l'ordonnée correſpondante $q\mu$, on n'a qu'à élever par le point π une verticale $\pi\mu'$, qu'on prolongera juſqu'à ce qu'elle coupe la droite St quelque part en un point μ' & faire $q\mu = \pi\mu'$, & le point μ ſera encore dans la ſurface. Si le point q étoit, à la vérité, pris ailleurs que ſur la droite $S'T'$, il faudroit conſtruire une nouvelle courbe $Yh'h'V$, qui ſerviroit elle-même à une infinité d'autres points.

Corollaire.

Dans la conſtruction précédente, on n'a pas ſuppoſé que la nature des courbes données, fût expreſſible analytiquement: ainſi, quelques puiſſent être les courbes, qu'elles ſoient continues ou diſcontinues, pourvu que leurs projections horizontales & verticales (tracées au haſard, ou ſoumiſes à des loix) ſoient données, la conſtruction précédente aura toujours lieu; donc il eſt poſſible de conſtruire le lieu géométrique des équations ſimultanées .....

$$z = x \cdot \varphi V + \psi V,$$

$$\text{Et } y = x F V + \quad V,$$

Lors même les trois conditions auxquelles elles doivent satisfaire, ne sont pas soumises à la loi de continuité; mais on sent bien que, dans ce cas-là, l'équation de la surface construite n'est plus analytique, ou que dans les équations proposées, les fonctions φ, ψ & F sont discontinues & ne peuvent plus s'exprimer analytiquement.

Si toutes les conditions sont soumises à la loi de continuité, il est possible, en supposant la perfection de l'analyse, de trouver l'équation de la surface construite: c'est ce que je vais faire voir dans le Problême suivant, où je n'apporterai point de démonstration, parce que je ne ferai qu'y traduire en analyse les opérations géométriques du Problême précédent.

PROBLÊME XIV.

Trouver dans les équations $z=x\varphi\cdot V+\psi\cdot V$ *&* $y=xEV+V$ *quelle valeur il faut donner à* V, *& quelles formes doivent avoir les fonctions* φ, ψ *&* F, *pour que les deux équations satisfassent aux trois conditions suivantes :* .....

1.° Qu'en faisant $y=f\cdot x$, on ait $z=f\cdot x$,
2.° Qu'en faisant $y=f'\cdot x$, on ait $z=f'\cdot x$,
3.° Qu'en faisant $y=f''\cdot x$, on ait $z=f''\cdot x$,

Les fonctions f, f', f'', f, f' & f'' étant indépendantes les unes des autres.

SOLUTION.

La quantité v étant une indéterminée, on posera les trois équations suivantes .....

$$v(x'-x)+y=f\cdot x',$$
$$v(x'-x)+y=f'\cdot x',$$
$$v(x'-x)+y=f''\cdot x;$$

D'où l'on tirera, en ν, x & y, les trois valeurs ſuivantes de x' : .....

$$x' = X,$$
$$x' = X',$$
$$x' = X'' :$$

On poſera enſuite l'équation .....

$$f' \cdot X' = \frac{X'(f.X - f''.X'') + Xf''.X'' - X''f.X}{X - X''},$$

D'où l'on tirera la valeur de ν en x & y, qu'on mettra dans l'équation .....

$$\zeta = \frac{x(f.X - f''X'') + Xf''X'' - X''f.X}{X - X''};$$

Et cette valeur de ζ ſera celle qui ſatisfera à la queſtion: enfin, ſi l'on met encore, pour ν, ſa valeur, dans les quatre équations, ...

$$f' \cdot X' - \nu X' = V,$$
$$\nu = F \cdot V,$$
$$\frac{f.X - f''.X''}{X - X''} = \varphi \cdot V,$$
$$\frac{Xf''.X'' - X''f.X}{X - X''} = \downarrow V :$$

La quantité V, ainſi que les fonctions φ, $\downarrow$ & F, n'auront plus rien d'indéterminé.

ANALYSE

Fig. 2.

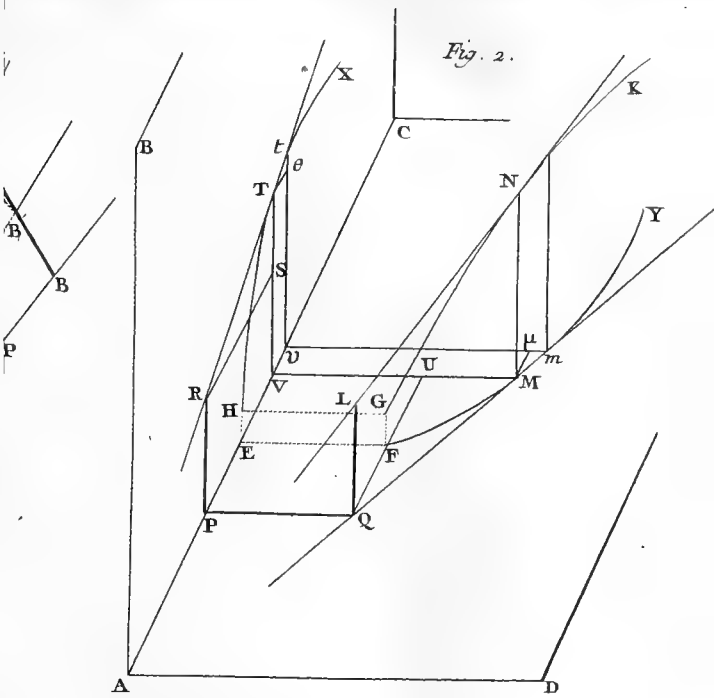
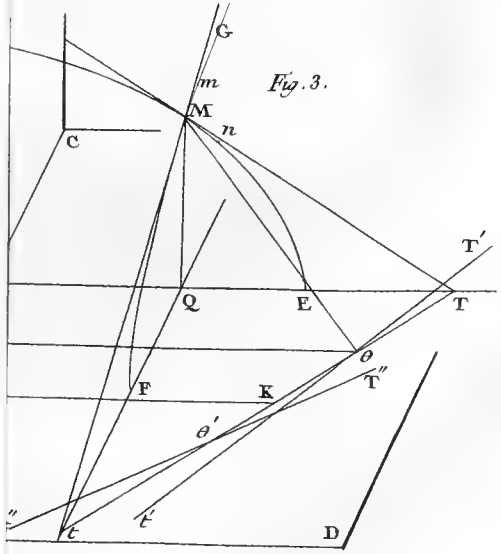


Fig. 3.



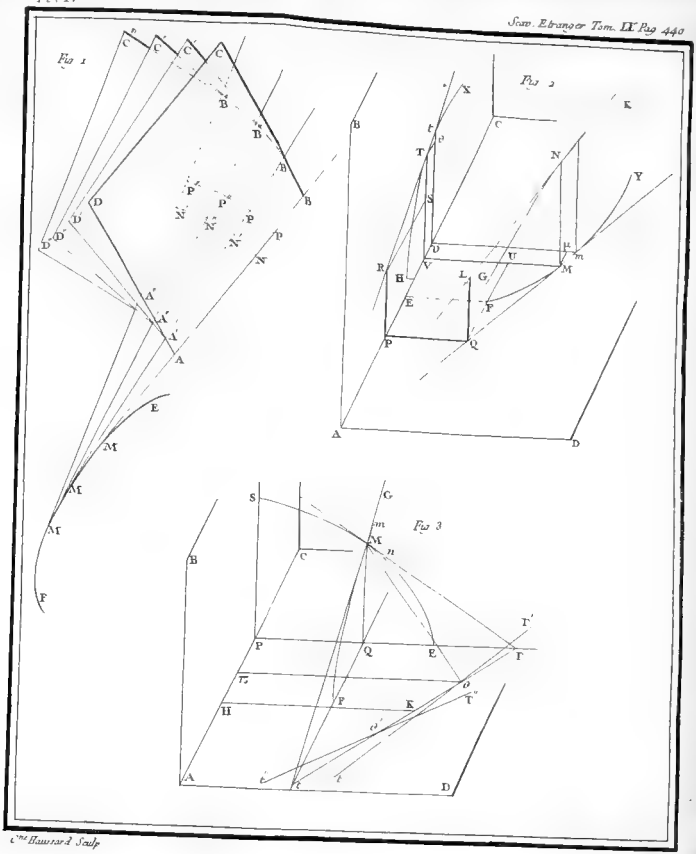


Fig 1
Fig 2
Fig 3

Fig. 5.

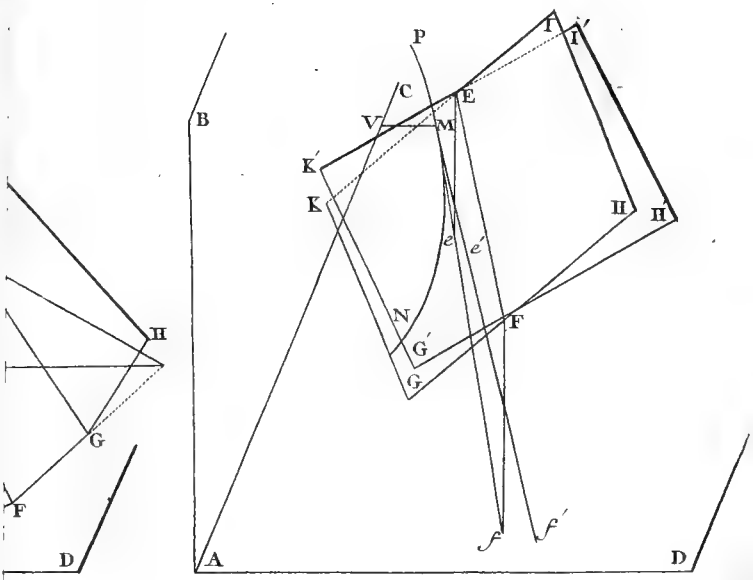
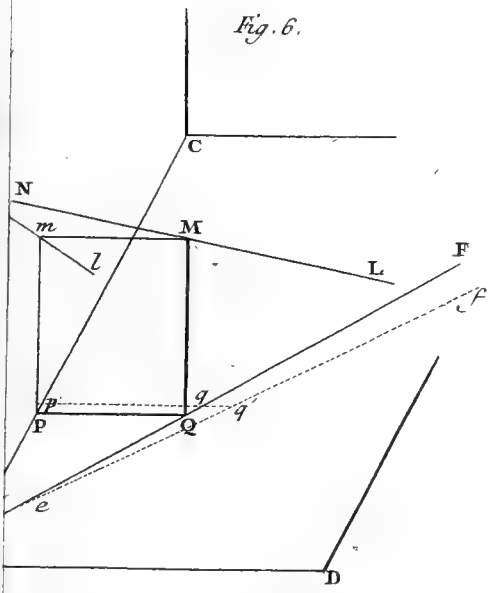


Fig. 6.



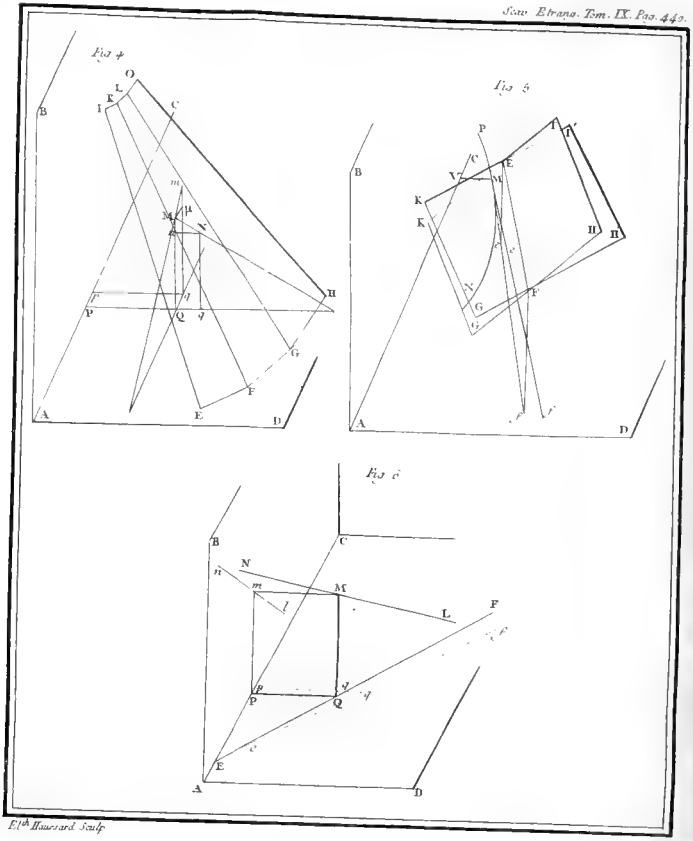
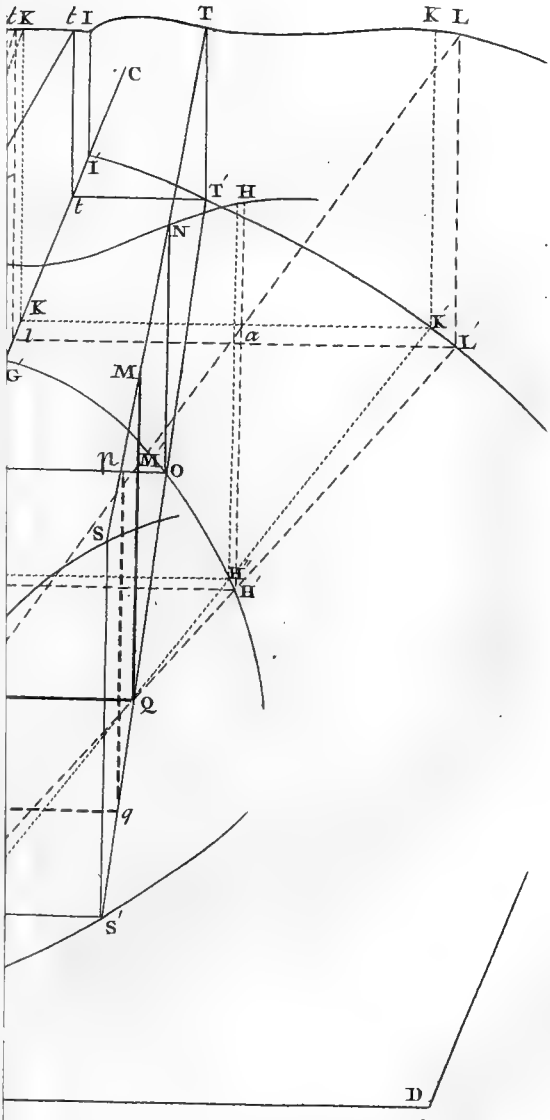
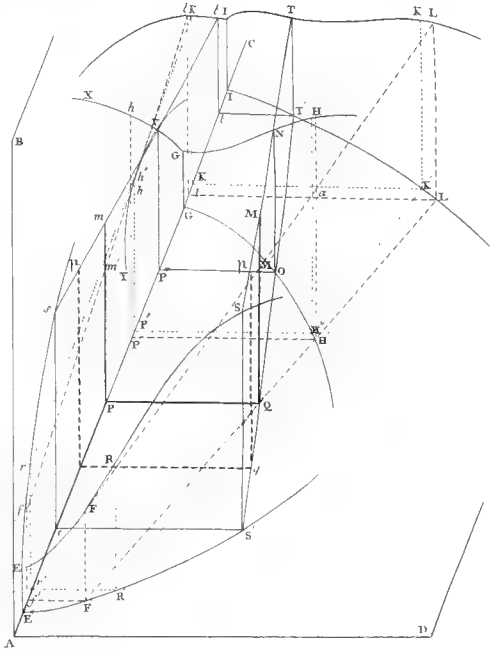


Fig 4
Fig 5
Fig 6
O
L
K
I
C
B
H
G
F
E
A
D
m
M
μ
N
p
q
P
Q
V
T
S
R
n
l


tK
tI
T
K L
C
I
T H
t
N
K
l
a
K
L
G
M
n
M
O
S
H
H
Q
q
S
D



Chas Heaviside Sculp

ANALYSE
DE
LA MINE DE PLOMB BLANCHE.

Par M. LABORIE, Maître en Pharmacie.

Préſentée le 5 Décembre 1772.

Ce Mémoire tient à un travail que j'ai entrepris ſur les Mines métalliques. Ce ſont des recherches ſur leur analyſe, & ſpécialement par la voie des menſtrues, ou diſſolvans humides. Les avantages attachés à cette voie, me font eſpérer de nouvelles lumières ſur la nature générale & particulière des Mines. J'entre avec cette confiance dans une carrière où les Chymiſtes ne ſe ſont montrés, juſques à préſent, que par un petit nombre de tentatives iſolées.

L'analyſe de la Mine de Plomb blanche commencera l'exécution de mon Plan.

L'une des formes, ſous leſquelles ſe préſente le Plomb foſſile, eſt celle de concrétions ſpathiques que l'on a diviſées par les couleurs, en pluſieurs eſpèces. La Mine de Plomb blanche, eſt une de ces eſpèces compriſes ſous le nom générique de *Mines de Plomb ſpathiques.*

Henkel & M. *Vallerius* les regardent comme des Mines de Plomb arſenicales. M. *Sage* ſoutient que le Plomb y eſt minéraliſé par l'acide marin. *Cronſtedt* n'y admet que du Plomb dans l'état de chaux.

Telle eſt une Queſtion que nous nous propoſons de décider par rapport à la Mine de Plomb blanche.

Celle ſur laquelle j'opère, me venoit des Mines de Pou-

laouen, en Bretagne. Elle eſt en aſſez gros cryſtaux de forme priſmatique irrégulièrement ſtries dans leur longueur, d'un blanc de nacre, demi-tranſparent, qui m'ont donné au quintal 80 livres de Plomb tenant un peu d'argent.

M. *Vallerius* a avancé que la Mine de Plomb blanche ne ſe diſſout point par l'eau forte; il eſt dit ailleurs, qu'elle n'eſt ſoluble qu'en partie par l'eſprit-de-nitre & l'acide marin. L'Expérience m'apprend le contraire; je la trouve parfaitement ſoluble par tous les acides; & voici le tableau de leur action obſervée ſur cette mine réduite ſeulement en fragmens & non pas en poudre.

L'huile de vitriol & la mine, à froid, ſont reſtés ſans aucun mouvement ſenſible. A l'aide d'un peu de chaleur l'effervescence ſurvient, & la diſſolution s'opère. Dans le commencement ſur tout elle répand une vapeur qui a l'odeur d'*Hepar*.

L'acide nitreux & l'eſprit de ſel n'eurent pas ſitôt touché la Mine, que ſa diſſolution s'annonça par le ſigne ordinaire: ce qui a pu induire en erreur ſur le compte de ces deux diſſolvans, c'eſt que ce premier mouvement de diſſolution ralenti par degrés, s'arrête; &, à n'y pas regarder de plus près, la Mine auroit aſſez l'apparence de n'y être ſoluble qu'en partie. Mais un peu de chaleur communiquée aux diſſolvans, ſuffit pour rétablir le cours d'une diſſolution qui n'eſt que ſuſpendue, à l'occaſion de ſon propre produit qui, formant croûte ſur la Mine, interrompoit ſa communication avec l'acide.

L'acide nitreux par la vivacité avec laquelle il ſaiſit la Mine, & par la quantité qu'il en peut abſorber, ſe montre le plus approprié de ſes diſſolvans. Une once d'eſprit de nitre fumant étendue de deux fois ſon poids d'eau, a été à peine ſaturée par 14 gros de Mine que je lui ai fournis ſucceſſivement & par petites parties.

L'eſprit de vinaigre montra peu d'énergie. Une aſſez longue digeſtion de la Mine dans ce menſtrue, n'a abouti qu'à la couvrir d'une petite couche de céruſe. J'ai eu cependant une diſſolution par l'eſprit de vinaigre : mais une petite quantité de Mine a demandé beaucoup d'acide; il m'a fallu prendre la Mine en poudre, & entretenir le diſſolvant preſque bouillant.

Le produit de chacune de ces diſſolutions a été un ſel.

Celui de la diſſolution vitriolique s'eſt montré ſous la forme d'un *magma* ſalin ſur lequel je verſai de l'eau froide, qui en eſt ſortie fort acide. Dans cette eau, je jetai de l'alkali fixe qui n'en précipita rien, & je reconnus que je n'enlevois qu'une portion d'acide ſurabondante; il me reſta une matière blanche pulvérulente quand elle fut ſeche, preſque inſoluble dans l'eau même bouillante.

La diſſolution, par l'acide nitreux, avoit cryſtalliſé en partie d'elle-même, & acheva de cryſtalliſer toute entière par l'évaporation que j'en fis. Les mieux figurés de ces cryſtaux ſont des hexagones un peu applatis.

La diſſolution, par l'acide marin, me préſenta un amas de très-fines aiguilles courtes & brillantes, flottantes dans de l'acide ſurabondant que j'eus la facilité d'enlever par le moyen de l'eau froide. Ces petits cryſtaux n'étant ſolubles qu'à l'eau bouillante.

La diſſolution, par l'acide du vinaigre, ne me donna ſon produit que par une évaporation pouſſée fort avant ; la liqueur réduite à une conſiſtance huileuſe ſe coagula en une maſſe ſaline compoſée de petites lames alongées quadrangulaires, qui ſont comme les élémens d'une cryſtalliſation parallelepipède.

Ces différens ſels ſuffiſamment caractériſés par leur forme extérieure, ne peuvent être méconnus pour ce qu'ils ſont. Il

eſt clair que j'ai pour tout produit les différentes combinaiſons du Plomb avec les acides; c'eſt-à-dire, un vitriol de Plomb, un nitre ſaturnin, un Plomb corné, & le ſel de Saturne des boutiques. Ainſi, le réſultat de mes Diſſolutions de Mine de Plomb blanche, ne ſe trouve pas différent de celui que m'auroit donné du Plomb diſſous dans ces mêmes acides.

N'en étoit-ce pas aſſez pour fonder un doute très-légitime ſur la minéraliſation du Plomb dans cette Mine?

Les Obſervations ſuivantes ont achevé de m'éclairer.

Si la Mine de Plomb blanche étoit arſenicale, il n'étoit pas néceſſaire d'aller chercher bien loin les moyens d'y reconnoître cette qualité. On ſait qu'une odeur ſpécifique décèle l'arſenic toutes les fois qu'on lui procure le contact du phlogiſtique embraſé. On ſait encore qu'une des propriétés de l'arſenic eſt de décompoſer le nitre, en dégageant ſon acide de ſa baſe; j'ai ſoumis la Mine à ces deux Expériences ſans en tirer le moindre indice d'arſenic : répandue ſur les charbons ardens, elle n'a donné aucune odeur. Un mêlange de trois parties de Mine, & d'une de nitre, mis en diſtillation, a ſubi l'incandeſcence, & le nitre n'a point été décompoſé.

Je ſuis fâché de ne pouvoir pourſuivre ſans me trouver forcé de contredire un Chymiſte diſtingué, dont je n'attaque le ſentiment qu'en rendant à ſes talens le plus ſincère hommage.

Les Expériences que j'ai faites relativement à la partie vaporeuſe de la Mine de Plomb blanche, ne m'ont point laiſſé appercevoir l'acide marin que M. *Sage* y annonce.

Dans une cornue de verre adaptée à un récipient mouillé intérieurement d'huile de Tartre, j'ai chauffé graduellement de la Mine juſqu'à la mettre en fuſion à la fin.

Un ſel cryſtalliſé a paru ſur les parois du récipient : mais cette cryſtalliſation fort différente de celle qu'auroit affecté un ſel marin régénéré, étoit en aiguilles & non en cubes. De plus, elle tombe en *deliquium* à l'air, & il n'en reſta bientôt plus de veſtiges, après que le récipient détaché de la cornue eut reſté quelque temps ouvert. De l'acide vitriolique que j'y paſſai, n'en dégagea aucune vapeur remarquable. Si, comme il eſt vrai, les vapeurs de la Mine ont eu la propriété de faire cryſtalliſer l'huile de tartre, ce n'eſt point en qualité d'acide qu'elles opèrent ; le phénomène a une toute autre cauſe que nous allons faire connoître dans un moment.

Paſſant à une autre Expérience, indiquée par M. *Sage*, j'ai mis en diſtillation, dans une cornue, un mêlange d'un gros de Mine en poudre, & de deux gros d'huile de vitriol que j'eus ſoin de prendre bien blanche, & exempte de phlogiſtique.

Je devois trouver l'acide marin dans une vapeur que dégage de ce mêlange la première impreſſion du feu. Je le graduai en conſéquence, & à peine eus-je une douzaine de gouttes dans le récipient que je me hâtai de le retirer.

Je trouvai que la liqueur avoit l'odeur, non d'un acide marin, mais d'un acide volatil ſulfureux. De deux parts que j'en fis, l'une fut employée à précipiter une diſſolution de mercure dans l'acide nitreux, l'autre à ſaturer une quantité proportionnée d'alkali fixe.

Le précipité de mercure, en ſuppoſant que le précipitant eût été de l'acide marin, devoit être ſuſceptible de ſe convertir en ſublimé ; je tentai l'opération & n'eus point le produit. Mais le précipité prit au feu la couleur jaune qui caractériſoit un turbith minéral.

Du ſel neutre provenant de la ſaturation, je fis avec la

poudre de charbon un petit mélange, qui, mis en fusion, me donna de *l'hepar sulfuris*.

A ces traits, je reconnus qu'au-lieu de l'acide marin annoncé, je n'avois recueilli qu'une portion de l'huile vitriol invertie en acide volatil sulfureux par du phlogistique rencontré dans la Mine.

L'opinion de M. *Sage* a, d'un autre côté, le désavantage d'être combattue par les propriétés de la Mine de Plomb blanche, qui n'ont aucun rapport avec celles d'une combinaison de Plomb & d'acide marin, autrement dit Plomb corné. On en jugera par le parallèle des deux corps.

Le Plomb corné est soluble dans l'eau bouillante, & la Mine ne l'est point du tout ; je m'en suis assuré sur de la Mine réduite en poudre fine. Après une longue ébullition, je l'ai retrouvée sans diminution sensible de poids. Dans l'eau où elle avoit bouilli, je versai de la liqueur d'orpiment, qui n'en altéra, en aucune façon, la transparence; preuve qu'elle n'y rencontroit pas le moindre atome de Plomb en dissolution. Six onces d'eau dans lesquelles j'avois fait dissoudre, pour objet de comparaison, un seul grain de Plomb corné, furent troublées tout de suite par quelques gouttes de la même liqueur d'orpiment.

Le Plomb corné & les alkalis fixes ne se touchent pas sans laisser trace d'un réaction en vertu de laquelle le Plomb corné est décomposé, & l'alkali neutralisé; rien de semblable n'a lieu entre ces sels & la Mine, je l'ai fait bouillir long-tems avec de l'alkali fixe en liqueur, & je n'ai remarqué aucun changement dans l'état de l'une ni de l'autre.

Le Plomb corné n'est point soluble dans les huiles grasses, & je trouve que la Mine de Plomb blanche l'est parfaitement par ces menstrues. De deux parties d'une de ces huiles bouillantes, & d'une partie de mine réduite en poudre, il est résulté une combinaison, ayant la consistance & la

ductilité des maſſes emplaſtiques préparées avec les chaux de Plomb factices.

A l'inſtar de ces mêmes chaux, la Mine, prend par la calcination, diverſes nuances ſucceſſives de couleur; de blanche, elle devient jaune, puis rouge, & finit par ſe convertir en litharge à un feu plus fort. Pour le Plomb corné, il n'eſt ſuſceptible, par la même voie, que de ſe fondre & de ſe volatiliſer ſans changer de nature.

On a vu quel degré d'activité met l'acide nitreux dans la diſſolution de la Mine; cet acide ſe comporte au contraire avec le Plomb corné comme avec un corps dont il n'eſt point le diſſolvant: témoin une ſeule goutte d'acide marin, qui tombe dans une diſſolution de Plomb par l'acide nitreux. Le trouble & la précipitation qui ſurviennent ſur-le-champ, n'annoncent-ils pas la formation d'un nouveau compoſé que l'acide nitreux ne peut point tenir en diſſolution, & ce nouveau compoſé n'eſt autre que du Plomb corné.

Des divers éclairciſſemens que nous venons de prendre, relativement à l'arſenic & à l'acide marin, il réſulte évidemment que ces deux prétendues minéraliſateurs ſont également étrangers à la Mine de Plomb blanche, dont il nous reſte à déterminer le véritable caractère.

Il eſt mention de quelques Mines de cette même eſpèce, qui ſont ſuſceptibles de ſe réduire d'elles-mêmes, & ſans addition par la ſimple fuſion. La nôtre a eu beſoin d'un flux réductif; mais il n'en eſt pas moins vrai que, ſous une apparence purement terreuſe, le plomb y conſerve la meilleure partie de ſon phlogiſtique. La preuve en eſt dans la manière dont la Mine eſt diſſoute par l'acide nitreux; car on ſait par l'exemple du *Minium* & du *Maſſicot*, que cet acide n'attaque que très-foiblement le Plomb lorſqu'il eſt déphlogiſtiqué à ce point qui conſtitue les chaux de Plomb proprement dites. Le phlogiſtique dont il eſt queſtion, a été manifeſté encore par

l'acide vitriolique devenu ſulfureux dans l'Expérience de ſa diſtillation avec la Mine; j'ai continué l'opération, & tout ce qui a paſſé d'acide étoit dans ce même état. La liqueur étoit un peu louche, &, ſi je ne me trompe, j'ai quelques atomes de ſoufre dans un petit dépôt blanchâtre que je trouve au fond du vaiſſeau.

Une autre Obſervation a pour objet la partie vaporeuſe, qui unie à la ſubſtance métallique, cauſe le déchet notable que l'on éprouve lors de la réduction de cette Mine, dont les plus riches échantillons ne rendent pas au-delà des $\frac{9}{10}$. Je m'en prenois d'abord ſoit à des parties purement terreuſes interpoſées, ſoit au flux réducteur lui-même qui, en qualité d'alkali, pouvoit diſſoudre du plomb, mais je n'avois pas encore fait la remarque eſſentielle, que la Mine diminuoit également de poids par la ſimple calcination; 60 grains de Mine calcinés en maſſicot furent réduits à 48. Je pris le parti de répéter l'Expérience dans une cornue adaptée & luttée à un récipient proportionné; je le vis ſe remplir à différentes repriſes d'une vapeur humide très-expanſible, que je ne pus regarder que comme de l'air & de l'eau auxquels ſe mêloit le phlogiſtique du Plomb.

J'attribue à ce phlogiſtique une odeur aſſez indéciſe qui reſte dans le récipient, & que j'ai trouvée, tantôt tirant ſur l'empireume, tantôt légèrement ſafranée.

C'eſt ici le lieu de rappeler le fait de l'huile de tartre, cryſtalliſant à la vapeur de la Mine, & de dire que ce phénomène eſt dû à la portion d'air fixe qui ſe dégage. Ce principe s'unit volontiers aux alkalis, & les moins diſpoſés à cryſtalliſer en deviennent ſuſceptibles par cette combinaiſon.

Cet air fixe de la Mine de Plomb blanche n'auroit-il pas très-grande part à ſa cryſtalliſation, en opérant ſur la partie métallique ce que nous l'avons vu opérer ſur les alkalis fixes?

Ce qui me paroît démontré, c'eſt que, ſous l'apparence d'une cryſtalliſation

cryſtalliſation ſpathique, la mine que je viens d'analyſer n'eſt autre choſe que le Plomb combiné à une portion d'air & d'eau, laquelle fait à-peu-près un cinquième de la maſſe.

Telle eſt notre Concluſion, & elle ſe rapporte parfaitement à ce que l'on ſait de l'origine des Mines de Plomb ſpathiques. Rien de plus compliqué lorſqu'il a fallu l'accommoder aux beſoins de certaine hypothèſe : rien de plus ſimple dans le procédé de la Nature.

Les Mines de Plomb ſpathiques, ſont des Mines de ſeconde formation, que l'on rencontre diſperſées ſans ordre, & ſans ſuite dans les environs, & toujours aſſez près des galènes ou Mines de Plomb ſulfureuſes.

La poſition des Mines ſpathiques, leur cryſtalliſation plus ou moins diſtincte, les font aiſément reconnoître pour l'ouvrage des eaux ſouterraines chargées de la partie métallique des galènes décompoſées.

Les galènes ſujettes à cette décompoſition ſont celles à qui il arrive d'être mêlées de parties ferrugineuſes. Tantôt c'eſt une galène qui contient du fer; tantôt c'eſt une Mine de fer qui renferme de la galène. Pour concevoir ce qui peut réſulter d'un ſemblable alliage, il ne faut que ſe rappeler l'extrême rapport en vertu duquel le ſoufre s'unit au fer par préférence à tout autre métal. Que l'eau vienne ſeconder cette tendance mutuelle, voilà le ſoufre de la galène dans le cas de former avec le fer une combinaiſon nouvelle, qui change le premier état du Plomb. Dégagé des liens de la minéraliſation, réduit à n'être plus qu'interpoſé en molécules inſenſibles dans une maſſe que le mouvement inteſtin a ouverte de toutes parts, ce métal n'attend qu'un véhicule convenable pour aller ſe dépoſer ailleurs, & donner naiſſance aux Mines ſpathiques.

Leur commune origine donne lieu de préſumer que les autres eſpèces ne diffèrent de la blanche, que par le mêlange accidentel d'une matière colorante probablement ferrugineuſe. C'eſt ſur quoi des Expériences ultérieures nous procureront les éclairciſſemens néceſſaires.

MÉMOIRE
SUR
LES MINES DE LA NORWÈGE.

Par M. JARS.

Présenté le 27 Mai 1772.

LES RECHERCHES que j'ai l'honneur de vous préſenter aujourd'hui, Meſſieurs, ont pour objet les fameuſes Mines d'argent de Kongsberg, je les ai raſſemblées de concert avec feû mon Frère, de l'Académie des Sciences, dans le cours du voyage que nous fîmes en Norwège, en l'année 1767 : pour rendre plus intelligible ce que j'ai à dire, je crois devoir, auparavant, donner une idée générale des autres Mines de ce Royaume, & de ce qui concerne leur adminiſtration.

Il paroît hors de doute que les Mines de la Norwège étoient découvertes dans le quatorzième ſiècle, puiſque, par une Lettre de la Reine Marguerite au Roi Eric de Poméranie, datée de l'an 1397, elle lui défend de permettre aux particuliers d'exploiter des Mines ; ce qui ſuppoſe des découvertes antérieures.

En 1515, le Roi Chriſtian II fit venir de Suède des Ouvriers pour découvrir des Mines, ils en trouvèrent en effet, &, en 1539, Chriſtian III en fit travailler. Depuis cette époque & par la ſucceſſion des tems, ces découvertes ſe ſont multipliées, les unes ont été ſuivies, & d'autres abandonnées ; il en reſte néanmoins une grande quantité en exploitation, qui font non-ſeulement la richeſſe du Pays & le bien des Sujets, mais encore un avantage réel au Souverain, par le produit des matières que le Royaume fournit à l'Etranger.

On exploite en Norwège principalement des Mines de fer & de cuivre; les plus conſidérables de ces dernières ſont ſituées dans le Gouvernement de Dromthein, & particulièrement la Mine de *Reuras*, à 150 lieues au Nord de Kongsberg, renommée par ſa richeſſe & ſon abondance; c'eſt, dit-on, un *Stockwerck* (*a*), immenſe ou maſſe minérale de pyrites cuivreuſes, ſi près de la ſurface de la terre, que l'on a pu facilement y pratiquer des ouvertures aſſez grandes pour y faire entrer & ſortir des voitures qui en tranſportent au-dehors les minerais; cette Mine, où pluſieurs familles ſe ſont enrichies, produit annuellement douze mille quintaux & plus de cuivre.

Toutes les Mines de métaux, à l'exception de celles d'or & d'argent, ſont exploitées par des Compagnies, compoſées d'un nombre plus ou moins grand d'Intéreſſés, mais toujours diviſées en 120 actions; ces Compagnies reconnoiſſent & dépendent de la Juriſdiction du Conſeil des Mines du département, dont on en diſtingue deux, l'un à Dromthein, & l'autre à Kongsberg.

La plupart des Mines étant ſituées dans des endroits écartés, & ſouvent fort éloignées de ceux où l'on tient des Marchés, les Intéreſſés pourvoient eux-mêmes à la ſubſiſtance des Ouvriers, afin qu'ils ne ſoient pas obligés de perdre leur tems en s'abſentant; ils achetent, pour leur propre compte, toutes les proviſions qui leur ſont néceſſaires, ce que l'on a ſoin de faire dans un temps d'abondance; mais pour éviter le monopole, c'eſt le Conſeil des Mines, qui, deux fois l'année, taxe la valeur de toutes les denrées ſuivant le prix courant.

Il eſt libre à toute Compagnie, & à tout particulier, après

(*a*) Les Allemands donnent le nom *Stockwerck*, à de la Mine que l'on trouve en maſſe de cinq à ſept Toiſes d'épaiſſeur, dans ſa largeur, & qui n'a aucune direction déterminée dans ſa longueur.

toute-fois en avoir obtenu la conceſſion du Conſeil, qui ne peut la refuſer, de travailler toutes ſortes de Mines, à l'exception de celles d'or & d'argent, dont le Roi s'eſt réſervé à lui ſeul l'exploitation, & ſur les autres métaux, il lui eſt dû un droit de dixième.

Au premier qui demande une conceſſion, on accorde d'abord l'arrondiſſement qu'il deſire pour faire des recherches, & lorſqu'il a découvert un filon qu'il a deſſein d'exploiter, on lui détermine ſa conceſſion, comme cela ſe pratique en Allemagne, ou on lui donne un *Fund-Grube ;* c'eſt une étendue de terrein de 42 toiſes & dix meſures de 22 toiſes, c'eſt-à-dire, cinq de chaque côté.

On lui aſſigne enſuite un circuit de pluſieurs lieues, dans lequel tous les Payſans & Habitans ſont obligés de lui fournir le bois & le charbon néceſſaires à ſon exploitation, & ce à un prix fixé par le Conſeil des Mines; de ſorte que ceux-ci ne peuvent en vendre à qui que ce ſoit, qu'à ſon refus; cet arrangement eſt d'autant plus eſſentiel, que, ſans lui, il y auroit une concurrence continuelle, qui feroit payer ces marchandiſes à un trop haut prix, & conſéquemment occaſionneroit bientôt l'abandon de l'entrepriſe: pour prévenir encore plus cet inconvénient, il eſt défendu d'avoir plus d'une Fonderie dans un arrondiſſement aſſigné, de manière que s'il arrivoit qu'une Compagnie vînt à exploiter une Mine dans celui d'une autre, ce qui eſt permis, elle ſeroit, en ce cas, obligée de chercher un autre diſtrict pour y bâtir une Fonderie, où elle feroit tranſporter ſon minerai, & pour lequel on lui donneroit également une aſſignation de bois.

Une Mine qui reſte ſix ſemaines ſans exploitation, & ſans permiſſion de la ſuſpendre, peut être travaillée par le premier qui la demande; mais, pour peu que celui qui ceſſe, ait des raiſons valables ou légitimes, il lui eſt aiſé d'obtenir du Conſeil une ſuſpenſion d'une année, ce qui fait un an & ſix

ſemaines, il y a pluſieurs Mines dans ce cas-là, ſur-tout des Mines de fer.

S'il ſurvient des difficultés entre les Intéreſſés d'une Mine, le Conſeil du département nomme, à leur réquiſition, des Députés qui ſe tranſportent ſur les lieux, aux frais de la Compagnie, pour les examiner; ils en font leur Rapport au Conſeil qui les juge: les commiſſions ſont ordinairement très-coûteuſes, attendu l'éloignement, par exemple, le Département de Kongsberg s'étend à plus de cent lieues.

Le droit du dixième, que nous avons dit que les Mines payoient à la Couronne, n'eſt pas toujours perçu en entier, ou du moins très-rarement; il eſt modifié, ſuivant les circonſtances, pour l'encouragement & le ſoutien des exploitations; les Entrepreneurs des Mines & Forges de fer de la Ville de Moſs, paient annuellement pour tout droit, cinq cens Rixdalers (*a*); la Mine de cuivre de *Numedal*, à trente lieues de Kongsberg, a été affranchie pendant dix années, ainſi que celle de *Foldal*, éloignée de cent lieues; d'autres n'ont obtenu que cinq années de franchiſe, ce que l'on prolonge ou diminue ſuivant la valeur de la Mine; après ce temps accordé par le Conſeil, avec l'approbation de la Chambre de Copenhague; on fait payer le quart, le tiers ou le total du dixieme, ſi l'on juge que la Mine puiſſe le ſupporter; telle eſt la fameuſe Mine de *Reuras*, dont nous avons parlé ci-deſſus, qui, dans l'eſpace de trois ou quatre années, a payé en droits de dixième, 30 mille Rixdalers.

(*a*) Le Rixdaler équivaut à quatre livres dix ſols, argent de France.

MINES D'ARGENT DE KONGSBERG.

PREMIÈRE PARTIE.

Leur origine, la manière dont elles ont été découvertes, comment elles ont été dirigées & exploitées, & ſucceſſivement; l'état de leur adminiſtration actuelle.

A VINGT LIEUES de la Ville de Chriſtiania, ſont ſituées les Mines dont il s'agit, dans un pays montagneux, à trois quarts de lieues de la Ville de Kongsberg, qui leur doit ſa population & ſon accroiſſement; cette dernière eſt bâtie dans un vallon, arroſée par la Riviere de *Lauguen*, dont le cours eſt parallèle à la direction des montagnes, qui renferment les veines minérales.

C'eſt au lieu nommé *Sandsverd*, dans le canton de Nummédal, & dans l'endroit que l'on appelle aujourd'hui *Montagne moyenne*, qu'on fit la première découverte; elle a été ſuivie de pluſieurs autres, qui ont fondé la grande réputation de ces Mines; on en fait remonter l'époque en l'année 1623, & l'on eſt d'accord qu'elle eſt dûe à des Bergers, qui, en gardant leurs troupeaux, trouvèrent de l'argent natif qui ſe manifeſtoit au jour par filets ſortans du rocher; (ce fait eſt auſſi vraiſemblable qu'il eſt hors de doute; la plupart des Mines que l'on exploite actuellement ont été découvertes de la même manière;) il n'en fallut pas davantage; ces indices étoient ſuffi-

ſans pour inviter à un examen, & pour décider bientôt l'exploitation. Le premier ſoin fut de lui donner un nom; on adopta celui du Roi, & on la nomma *Koénigs-Grube*, ou Mine *Royale;* nom qu'elle conſerve encore.

On ſongea auſſi-tôt à mettre cette Mine en valeur; pour cet effet, l'on fit venir d'Allemagne des Mineurs, & autres Ouvriers entendus dans cette partie: on commença l'exploitation aux frais de pluſieurs Particuliers, qui s'y intéreſsèrent avec l'agrément de Sa Majeſté. L'année ſuivante, en 1624, elle ſe tranſporta en perſonne ſur ces Mines: (on voit encore la pierre ſur laquelle elle dîna, elle eſt près de l'ouverture;) mais, ſe réſervant l'adminiſtration ſuprême, elle en confia la direction à un Surintendant & grand Capitaine des Mines, dont elle aſſigna les appointemens ſur le dixième qui lui appartenoit, & ordonna que les autres Officiers, qui furent jugés néceſſaires pour la régie des différens détails, ſeroient payés par la Caiſſe des Intéreſſés; Elle aſſigna auſſi une autre Mine ouverte, qui, pour lors, donnoit de belles eſpérances, pour être exploitée au profit des pauvres; elle ſubſiſte encore, & eſt appellée la *Mine des Pauvres.*

Cette exploitation ſe continua ainſi pendant près de 40 années; mais la méſintelligence s'étant miſe parmi les Intéreſſés & les Officiers des Mines, donna lieu à d'autres arrangemens. Frédéric III, informé de cette déſunion toujours préjudiciable à ces ſortes d'entrepriſes, & du bon état de la Mine, réſolut, en 1661, de rembourſer les Intéreſſés, ce qui fut exécuté.

La déſunion, qui ne ceſſoit pas parmi les Employés des Mines, & le mauvais état où elles ſe trouvèrent, déterminèrent, en 1673, Sa Majeſté à les aliéner pour la ſomme de 80 mille Rixdalers.

Les Mines firent de grands progrès pendant quelques années,

années, mais elles déchurent enſuite tellement que, faute des avances néceſſaires, l'exploitation fut négligée au point, que les Ouvriers & les Officiers n'étoient plus payés; leurs plaintes parvinrent, en 1683, à Chriſtian V, qui la reprit lui-même ſous la direction d'un Officier de Mines, que l'on fit venir du Hartz.

En 1686, Sa Majeſté ſe tranſporta ſur les lieux, &, entre autres changemens qu'elle fit, le département des Mines fut tranſmis de Chriſtiania à Kongsberg; en 1689, Elle diviſa ce département en ſupérieur & inférieur, en forme de Collège, compoſé de différens Membres.

De 1686 à 1689, les choſes allèrent de façon que, quoiqu'en pluſieurs endroits les Mines fuſſent riches, la recette ne pouvoit pas ſuffire pour en payer les frais, & que le Roi ſe vit obligé, non-ſeulement d'accorder pour leur ſoutien, le dixième qui lui revenoit ſur les Mines de fer, & une partie du droit d'accis ſur le cuivre, mais encore d'avancer une ſomme de 6600 rixdalers: malgré cet avantage, les dépenſes & la recette ſe balançoient ſeulement.

De pluſieurs arrangemens que l'on fit, il réſulta une réduction des ſalaires, tant des Employés que des Ouvriers, dont ils ne furent indemniſés qu'en 1699, à l'avénement de Frédéric IV.

Depuis 1689, les Mines furent dirigées de la même manière qu'on vient de le dire.

De 1705 à 1710, pluſieurs Bâtimens, les machines & les conduits d'eau furent mis en état, & l'on y conſtruiſit des étangs; depuis ce tems, l'exploitation des Mines s'eſt faite ſans interruption aux frais du Souverain, qui, comme nous l'avons dit ci-deſſus, ſe l'eſt réſervée à lui ſeul, pour toutes celles d'or & d'argent qui ſe découvriroient dans ſon Royaume. Leurs progrès ont toujours été en augmentant, quoiqu'il y ait

eu des tems où les bénéfices étoient bien médiocres; mais les découvertes qui ſe ſont faites ſucceſſivement, & particulièrement celles des Mines de *Gottés Hilf in der Noth*, & de *Jongs Knouten* les ont rendu très-importantes.

On évalue le produit annuel de toutes les Mines de ce département de 32 à 33 mille marcs d'argent.

Ces Mines ſont adminiſtrées aujourd'hui par deux Conſeils, que l'on diſtingue par *Ober-Bergamt* & *Bergamt*, qui tous deux ſe tiennent le Samedi matin de chaque ſemaine.

Dans le premier, on traite toutes les affaires majeures qui concernent l'exploitation, & auſſi le réſultat de celles qui ont été auparavant examinées dans le ſecond.

Ses Officiers ſont, le Capitaine des Mines, trois Conſeillers & deux Aſſeſſeurs.

Le ſecond Conſeil examine toutes les affaires du détail, qui ſont enſuite approuvées & décidées dans le premier; il eſt compoſé de deux Grands-Maîtres mineurs, de quatre Jurés, d'un Surveillant & de deux Géomètres; ceux-ci ne peuvent aſſiſter au premier Conſeil.

SECONDE PARTIE.

Des Montagnes qui renferment les veines minérales & de la nature des unes & des autres.

LA PLUPART des Mines compriſes dans le diſtrict de la Ville de Kongsberg, ſont placées au couchant de cette Ville ſur le penchant d'une montagne, dont la direction eſt du Sud au Nord, & l'expoſition à l'Orient; elle eſt encore dominée par d'autres élévations.

Les veines minérales que l'on y a découvert en différens tems, depuis trois quarts de lieue juſqu'à une lieue & demie de diſtance les unes des autres, ont donné lieu à en faire une diſtinction générale; on diviſe la Montagne en trois parties; ſavoir, *Obergébirg*, ou Montagne haute, *Mittelgébirg*, ou Montagne moyenne, *Untergébirg* ou Montagne baſſe; les Mines de cette dernière ne ſont éloignées de la Ville que d'une demi-lieue.

A l'Oueſt de la Montagne haute à $\frac{1}{4}$ de lieues de la moyenne, on travaille une autre veine principale; de ſorte qu'il y en a quatre en exploitation.

Il convient d'expliquer encore ce que l'on entend par *Fall-band* ou *Fall-art*, qui eſt le nom en uſage dans ces Mines, pour déſigner la partie de rocher qui contient les veines d'argent natif & les matières minérales qui l'accompagnent; ainſi, l'on dit *Fall-band* de la Montagne haute, de la moyenne, &c. & en parlant de pluſieurs, on s'exprime par *Fall-bender*, quant à nous, nous nommons ces parties filons principaux.

Tous les rochers en général dont cette Montagne eſt compoſée, de même que tous ceux de cette partie de la Nor-

wège, ſont très-compacts & ſi durs, que l'on eſt obligé d'avoir recours au feu pour les abattre plus facilement, & avec plus d'avantage qu'avec la poudre; ces rochers ſont formés d'une infinité de lits ou de couches, dans une poſition qui approche beaucoup de la perpendiculaire; ils conſervent la même direction qu'a la Montagne, du Nord au Sud, à peu-près parallèle à celle de la Rivière; ils varient extrêmement dans leurs couleurs, & ſont un compoſé de différentes matières intimement réunies; les uns forment un mêlange de pierre à corne tirant ſur le blanc & le rouge, de quartz, ſpath & mica; ce dernier y eſt répandu en très-grande quantité, d'autres ſont preſque tout pur mica.

A-peu-près au tiers de la hauteur de la Montagne, elle préſente des lits de rocher d'une nature différente de celle des précédens, mais qui ne peut être diſtinguée que par une très-grande habitude, ils ſont auſſi très-durs & de couleur griſe; ils diffèrent en ce qu'ils renferment des matières ferrugineuſes; pluſieurs font feu avec l'acier, ſans doute par l'adhérence de quelques parties de quartz, peut-être auſſi de *feld ſpat*, *ſpatum ſcintillans*. Mais la plupart des autres rochers, ſurtout de ceux qui compoſent les filons principaux de la Montagne haute & de la moyenne, n'ont pas du tout cette propriété, de ſorte qu'on peut les enviſager comme un mêlange de mica, de ſpath calcaire & d'une matière ferrugineuſe très-diviſés.

On ne remarque, dans ces lits de rochers ferrugineux, aucune épaiſſeur déterminée, elle varie même beaucoup, elle eſt dans les uns ſeulement de deux toiſes, & dans d'autres de vingt toiſes; c'eſt-à-dire, qu'il s'en trouve pluſieurs ſur une telle largeur, mais qui ſont ſéparés par ceux de la nature des premiers; c'eſt la réunion de ces lits de rocher que l'on nomme dans le pays un *Fall-band*, & que nous déſignons par un filon principal.

Ce ſont ces filons principaux, qui renferment les veines

minérales d'argent, & ce qu'il y a de particulier, c'eſt que celles-ci les coupent en angle droit ou aigu, de manière qu'elles ſont dans une direction totalement oppoſée, c'eſt-à-dire, de l'Eſt à l'Oueſt.

Sur une étendue d'environ 600 à 800 toiſes dans pluſieurs endroits de leur direction; (car d'une Mine à l'autre, il y a quelquefois 50, 100, 200, & même 300 toiſes d'éloignement où l'on ne trouve aucun indice,) l'on compte une infinité de petites veines qui les traverſent, mais dont les unes s'inclinent du côté du Nord & les autres du côté du Midi; ſouvent auſſi elles ſont ſi rapprochées que, ſur une diſtance de 10 à 15 toiſes, on en peut compter une douzaine & plus; la proximité de ces veines, la difference dans leur inclinaiſon & quelquefois auſſi dans leur direction, font qu'elles ſe croiſent en longueur & ſouvent en profondeur; ce qui les rend alors plus abondantes au point de réunion.

Ces veines, quoique ayant leur continuité, ne produiſent pas toujours du métal conſtamment dans le même filon, &, ce qu'il y a de plus ſingulier, c'eſt qu'elles n'en produiſent jamais au-delà, quoique leur direction coupe également les lits des rochers de la Montagne. On nous a dit être certain de quelques-unes qui ſe prolongent à une aſſez longue diſtance, ſans produire autre choſe que du minerai de fer & ſur-tout de la pierre d'aimant.

Dans l'épaiſſeur des filons principaux, les lits de rocher ne ſont pas tous propres à produire des veines riches; ce qui met dans le cas de faire des travaux fort irréguliers, & de ſe tromper dans la pourſuite des galeries, particulièrement de celles que l'on nomme *Traverſes*, & qui ſont faites en ſuivant la direction du filon principal, pour découvrir de nouvelles veines: ce n'eſt qu'une longue expérience qui peut apprendre, lorſqu'on ne part pas d'un filon déjà riche, quel eſt le lit que l'on doit préférer & que l'on penſe devoir produire des minerais l'un plutôt que l'autre, encore ſe trompe-t-on chaque

jour: cela eſt de la dernière difficulté, principalement lorſqu'il s'agit de nouvelles découvertes; car quoiqu'il ſoit conſtant que les veines ne ſont riches & productives que dans les lits de rochers ferrugineux dont ſont compoſés les filons principaux, & que l'on ne doit les chercher que ſur ceux de cette eſpèce, il en eſt pourtant qui ne produiſent aucun métal, c'eſt ce qui fait que les recherches actuelles s'appliquent toutes ſur les principaux filons connus, & qu'on n'en entreprend d'autres qu'après que la découverte en a été bien conſtatée. La connoiſſance des véritables eſt dû ſouvent au haſard, mais bien plus à l'encouragement que le Roi de Danemarck donne à toute perſonne qui découvre des veines minérales; on a des exemples récens, que des Payſans & Ouvriers ont reçu une récompenſe depuis 30, 50, 100, juſqu'à mille rixdalers, ce qui eſt proportionné à la valeur de la découverte; il y a une Ordonnance du Roi qui porte, que la récompenſe peut s'étendre juſqu'à cette ſomme, ſi l'objet le mérite; c'eſt le Conſeil des Mines qui la fixe après une exploitation de quelques années pour mieux l'apprécier.

Pour prouver ce que nous venons de dire, on voit à la ſurface de la terre des filons principaux très-diſtincts par le rocher ferrugineux qui les compoſe, ſur leſquels on a fait des recherches en ſuivant les veines qui les traverſent; celles-ci ont bien produit un peu d'argent mêlé de ſpath, & autres matières ſemblables aux autres; mais elles n'ont pas été trouvées aſſez riches pour en continuer le travail.

A l'Occident & plus près de la Ville de Kongsberg, il y a une autre petite Montagne iſolée, voiſine de la première, ſéparée ſeulement par un vallon. Quoique la diſpoſition de ſes lits de rocher ſoit la même, & leur direction également du Nord au Sud, on n'y a trouvé, juſqu'à préſent, aucun filon qui fût reconnu propre à produire des veines riches.

Dans la Montagne, à l'Eſt de ladite Ville & expoſée à l'Oueſt, on a bien découvert & même exploité des filons principaux,

parallèles aux premiers, qui contiennent des veines riches; mais celles même qui ont été très-abondantes, n'ont eu que très-peu de ſuite.

Sur l'étendue de chacun des deux filons principaux de la Montagne moyenne & de la Montagne baſſe ou inférieure, que nous eſtimons d'environ trois lieues, on a ouvert en différens tems pluſieurs Mines; lors de notre ſéjour à Kongsberg, on en comptoit ſur le premier dix en exploitation, & quatorze ſur le ſecond, indépendamment de ſept à huit recherches où l'on travailloit du côté du Nord, qui produiſoient toutes un peu d'argent.

C'eſt ici le cas d'obſerver que ces deux filons principaux, qui ſont les plus anciennement connus, ont une continuité du côté du Nord d'environ une lieue au-delà des Mines, qui n'eſt pas par-tout la même en épaiſſeur, puiſque celle-ci diminue inſenſiblement, au point qu'ils ſe réuniſſent l'un à l'autre & qu'on ne les diſtingue plus : on attribue la cauſe de cette interruption à un vallon profond, qui ſépare cette Montagne entièrement d'une autre, où l'on croit les avoir retrouvés dans les recherches dont nous avons fait mention ci-deſſus. Elles ſont à-peu-près ſur la même direction, le minerai & les matières qui l'accompagnent, ſont de la même eſpèce; l'on compte environ deux lieues de diſtance de cette Montagne à l'autre.

Du côté du Midi, au contraire, les lits de rochers ne paroiſſent être que de la pierre à chaux, que l'on apperçoit peu-à-peu les recouvrir, ſur-tout dans le filon de la Montagne inférieure; on ignore s'ils ont leur ſuite intérieurement, ou s'ils ſont entièrement coupés par cette pierre-à-chaux, l'un d'eux produit au-delà des veines d'argent, de la pyrite martiale & auſſi de la cuivreuſe.

Dans le filon principal de la Montagne baſſe, & ſur ſa direction, l'expérience a montré & prouve tous les jours, qu'au-

deſſous du niveau du lit de la Rivière & de 80 toiſes depuis la ſurface de la terre, les veines minérales ne produiſent plus; nous en excepterons néanmoins la Mine dénommée *Alte ſeegen Gottes*, qui, à la profondeur de près de 300 toiſes, fournit encore des minerais de toute eſpèce, mais c'eſt l'unique qui ſoit dans ce cas; car toutes les autres ſuivent la régle ci-deſſus, & l'on ne continue l'exploitation que par pure curioſité, ſon produit n'étant pas à-beaucoup-près ſuffiſant pour payer les frais immenſes qu'on eſt obligé de faire pour l'extraction des matières & pour ſon ſoutien.

Il réſulte de cette dernière obſervation, que les filons principaux, ſupérieurs à celui-ci, comme étant beaucoup plus élevés, donnent de grandes eſpérances pour l'avenir; leur différence de hauteur ajoutée aux 80 toiſes ci-deſſus, amène déjà une très-grande profondeur, & ſi l'on veut y comprendre celui de la Montagne haute, il y a tout lieu de ſe flatter que ces Mines feront de plus en plus des progrès; cependant il n'en faut pas conclure que ces filons produiront toujours en approfondiſſant: car on a l'exemple de pluſieurs Mines où les veines ſe ſont appauvries au point de ne plus mériter l'exploitation.

Nous avons dit que les veines minérales renfermées dans les filons principaux, étoient fort étroites; il eſt rare qu'elles aient au-deſſus d'un pied d'épaiſſeur, elle n'eſt très-ſouvent que d'un pouce & même de quelques lignes; ces veines ne produiſent généralement point d'argent minéraliſé, ſi l'on en excepte quelques morceaux de Mines d'argent vitreuſe que le haſard fait rencontrer quelquefois, encore moins de la Mine d'argent rouge, mais toujours de l'argent vierge ou natif, extrêmement varié dans ſes configurations; elles ſont remplies de différentes matières pierreuſes, qui ſervent comme de matrice à ce métal, & forment un compoſé de ſpath calcaire, d'un autre fuſible couleur d'améthiſte, d'un ſpath verdâtre, & d'un autre encore d'un blanc tranſparent reſſemblant aſſez à une ſélenite,

nite, & ſouvent recouvert de cuir foſſile ou de Montagne, qui tous ſont unis à de l'argent vierge & en contiennent eux-mêmes; ce métal ſe trouve encore dans un rocher de couleur griſe, qui pourroit être regardé comme le toit & le mur deſdits filons; on le rencontre auſſi, mais plus rarement, avec du mica.

Dans tout ce mêlange, on n'apperçoit aucune partie de quartz, mais bien dans les filons principaux, où l'on trouve même de la pyrite riche en argent, dans laquelle ce métal ſe manifeſte quelquefois, & où l'on voit des cryſtalliſations de ſpath & de quartz; ce dernier reſſemblant à du cryſtal de roche, ces filons contiennent auſſi de la blende.

L'argent eſt toujours maſſif dans le rocher & preſque pur, c'eſt-à-dire, avec peu de mêlange, il s'en extrait des morceaux de différentes groſſeurs & poids; pluſieurs fois on en a détaché qui peſoient depuis 20 juſqu'à 80 marcs.

Dans la principale Mine de *Gottés hilf in der Noth*; ſituée ſur le filon de la Montagne moyenne, que nous avons viſité juſqu'à ſa profondeur de 140 toiſes, & qui eſt une des plus riches de ce département, on trouva, il y a près de ſept années, à 135 toiſes au-deſſous de la ſurface de la terre, un ſeul morceau d'argent vierge preſque pur, qui peſoit 419 marcs; on en fit l'eſſai ſur quelques échantillons, qui étoient au titre de 15 loths, 14 grains; 16 loths de fin ſont en Norvège, comme 12 deniers en France.

Dans le Cabinet de curioſités naturelles de Copenhague, appartenant à Sa Majeſté, on en voit une pièce d'environ quatre pieds de longueur accompagnée des différens rochers, que l'on eſtime valoir 15,000 liv.

Cependant la forme la plus commune où l'on trouve ce métal, eſt celle d'un fil plus ou moins gros, prenant toutes ſortes de courbes & figures, quelques-uns ont un pied & plus

de longueur; d'autres ont la fineſſe des cheveux ſeuls ou réunis enſemble en grande quantité, par un ſeul point d'où ils partent, mais ordinairement mêlés à du ſpath ou du rocher; d'autres encore forment différentes branches de ramifications de diverſes groſſeurs, dont la blancheur & le brillant annonce toute la pureté du métal lorſqu'il eſt affiné.

On en trouve auſſi en feuilles ou lames; c'eſt communément à travers ou entre les lits d'un rocher gris ſchiſteux, de manière que, dans un de ces morceaux qui pourroit avoir trois à quatre pouces d'épaiſſeur, on rencontre quelquefois une, deux & même trois couches pénétrées de cet argent, qui, quand on les ſépare, préſente à chaque ſurface des feuilles très-blanches & très-minces.

Il eſt de ces veines enfin, où l'argent eſt tellement diviſé dans le ſpath & le rocher, quoique vierge, qu'on a bien de la peine à le reconnoître; dans d'autres, on ne le diſtingue point du tout.

Tous ces minerais, en un mot, ont entr'eux la plus grande variété, & l'on ne finiroit point, ſi on vouloit entrer dans le détail qu'une deſcription exacte de chaque eſpèce exigeroit; nous croyons en avoir aſſez dit pour que l'on puiſſe s'en former une idée, nous nous en tiendrons, au reſte, à la diſtinction connue & uſitée dans ces Mines, on les diviſe en quatre claſſes; ſavoir:

1.° En argent vierge ſéparé du rocher, dont la teneur eſt d'environ deux tiers de métal par quintal.

2.° Autre eſpèce mêlée avec le rocher, de 25 à 26 marcs par quintal.

3.° En minerai trié, c'eſt le rocher dans lequel on apperçoit de l'argent vierge, & qui tient depuis 1 juſqu'à 1 marc $\frac{1}{2}$ par quintal.

4.° En minerai à bocard, rocher pyriteux, dans lequel l'argent ne ſe manifeſte d'aucune manière; pilé & lavé, il produit trois eſpèces de *ſchlicks*, dont le plus riche tient un marc par quintal, le moyen cinq à ſix loths, & le plus pauvre, depuis un juſqu'à deux loths.

Après avoir parlé des deux anciens filons principaux ſur leſquelles les premières découvertes de ces Mines ont été faites, il eſt à-propos de dire un mot des deux autres plus modernes, que nous avons annoncé dans le commencement de ce Mémoire.

Ce fut au mois d'Août de l'année 1764, que ſe fit la découverte du troiſième filon principal de la Montagne haute, dans l'endroit nommé *Jona Knouten*. A plus d'une lieue d'éloignement de la Montagne moyenne, & à ſon revers expoſé au Sud-Oueſt, eſt ſitué ce filon du côté du Nord; ſur la direction de ce filon principal, qui paroît avoir 30 ou 40 toiſes d'épaiſſeur, & ſur une longueur de 100 toiſes au plus. Lors de notre viſite, on y avoit déjà fait treize ouvertures ou recherches, dont les plus profondes n'avoient que ſept toiſes; elles avoient toutes produit & produiſoient encore de l'argent vierge; on en remarque pluſieurs dans ce nombre, qui n'ont que quelques pieds d'approfondiſſement; d'autres qui ſont à peine commencées, dans leſquelles nous avons vu & détaché nous-mêmes ce métal, qui ſortoit du rocher ſous différentes formes.

Dans chacune de ces recherches, on reconnoît une infinité de petites veines tranſverſales plus ou moins riches & de différentes épaiſſeurs, il en eſt qui s'étendent juſqu'à 8 & 10 toiſes en longueur ſur leur direction, qui eſt toujours à angle droit ou approchant à celle du filon principal; elles conſiſtent également en un ſpath pénétré dans ſon intérieur d'argent vierge; d'autres fois c'eſt le rocher même qui l'accompagne,

ſes lits ſont remplis dans leurs ſéparations de feuilles d'argent très-minces, il en eſt enfin de celui-ci comme des deux premiers que nous avons décrit; ce qui peut l'en faire diſtinguer, ce ſont les caractères ſuivans.

1.° Les lits, qui le compoſent, ſont moins marqués, & le rocher eſt plus entier & plus compact.

2.° A la ſurface de la terre le rocher eſt jaune, ferrugineux, paroiſſant ſe déliter comme un ſchiſte; il a exactement toutes les apparences extérieures de certains filons de cuivre.

3.° Il contient lui-même du cuivre & de la blende en plus grande quantité que les autres filons principaux, d'où il ſuit qu'on pourroit le conſidérer comme un filon pauvre d'une pyrite cuivreuſe dans un rocher martial très-dur, traverſé par de petites veines riches en argent; cela eſt d'autant plus probable, qu'il eſt ſur la direction d'un ſemblable filon exploité il y a quelques années à deux ou trois lieues d'éloignement, qui a produit de l'argent vierge.

4.° Dans ces recherches, on trouve une pyrite blanche arſenicale très-peſante, compacte, & de la plus grande dureté, que l'on ſoupçonne tenir un peu de cobalt, puiſqu'on voit des rochers teints des fleurs de ce minerai.

La veine d'argent la plus abondante, forme, à quelques pouces de la ſurface de la terre, une fente remplie d'une eſpèce d'ocre jaune, dans laquelle on a trouvé des morceaux preſque détachés de ce métal.

Outre les différens ſpaths qui accompagnent les veines minérales, on en diſtingue dans ce filon un tout particulier, qui n'eſt point cryſtalliſé, mais qui a la propriété de reſſembler à une pierre ſavonneuſe, & ſur-tout à un ſavon blanc dans ſa caſſure; il en eſt d'autres très veinés en noir & blanc: cette eſpèce de ſpath & celui de couleur d'améthiſte, de même que la pyrite

cuivreuſe, qui eſt diviſée dans le rocher, ſont regardés & reconnus, par expérience, comme les meilleurs indices; de ſorte que l'on eſpéroit que ces recherches, qui étoient déjà très-fructueuſes & donnoient du bénéfice, formeroient la plus belle découverte que l'on ait eu juſqu'alors dans le pays.

Ce que nous venons de dire du troiſième filon principal, doit être entendu pour le quatrième, celui-ci étant de la même nature & compoſé des mêmes matières.

De tout ce que nous avons rapporté, nous croyons devoir conclure que les Mines d'argent de Kongsberg, ſoit par la ſingularité de leur eſpèce, ſoit par la nature des rochers, leur poſition & celle des veines minérales, ſoit auſſi par les variétés qui s'y trouvent, méritent de tenir un des premiers rangs dans l'Hiſtoire naturelle, & peuvent ſervir en même-tems d'inſtruction ſur les divers filons de métaux que la Nature préſente, & ſur ceux que l'on peut découvrir.

MÉMOIRE
SUR
LE RAFFINAGE DU CAMPHRE.

Par M. VALMONT DE BOMARE*.

SANS ENTRER ICI dans les détails qui concernent la récolte du Camphre à Bornéo, au Japon & autres lieux des Indes Orientales, la nature de ce produit végétal & la deſcription, tant de l'arbre qui le donne plus communément & qui eſt décrit dans Kempfer, que des autres arbres, plantes ou racines qui fourniſſent une ſubſtance peut-être pareille, certainement analogue au Camphre brut : je me borne à examiner la manière de raffiner le Camphre.

Le Camphre, cette ſubſtance végétale, ſi connue & ſi utile, eſt peu abondante à Bornéo, & il nous en vient très-peu en Europe. Celui du Japon eſt très-commun, mais il eſt moins eſtimé au Japon même, puiſque les Commerçans de cette Contrée donnent juſqu'à ſix cens livres du leur pour en avoir ſeulement une livre de celui de Bornéo. Les Hollandois n'apportent chez eux que celui du Japon ; il eſt en maſſes cryſtallines, grisâtres, aſſez ſemblable à cette eſpèce de ſucre impur, qu'on appelle *Caſſonnade biſe ;* ils ont ſeuls l'art de le raffiner en grand, & c'eſt la ſeule Nation qui envoie le Camphre raffiné dans toutes les parties de l'Europe : mais on eſt

(*) Ce Mémoire lu par M. de Bomare, le 18 Février 1761, auroit dû être imprimé, ſuivant la deſtination qui en avoit été faite, dans le IVme Volume de ce Recueil publié en 1763. Mais la Copie lue étant égarée, il a fallu s'en procurer une ſeconde, & l'Académie a cru devoir à l'Auteur de publier la cauſe de ce retardement.

encore fort indécis ſur le procédé qu'ils emploient pour parvenir à ce raffinage. Eſt-ce par la ſublimation ? eſt-ce par la fuſion ?

Pomet, dans ſon *Hiſtoire des Drogues*, *Tome* 2, *Edition de* 1735, *pag.* 17, dit: « qu'on raffine ou purifie le » Camphre brut, en le mettant dans des matras ou autres » vaiſſeaux ſublimatoires, après l'avoir concaſſé & après avoir » rempli la moitié du vaiſſeau de cette poudre, l'on bouchera » légèrement le vaiſſeau, on le mettra enſuite ſur un petit » feu ; d'abord le plus ſubtil du Camphre s'élèvera & s'attachera au haut du vaiſſeau, & lorſque toute la ſublimation en » ſera faite, on le trouvera beau, blanc, tranſparent & épais, » ſuivant la quantité du Camphre brut que l'on aura employé. » Après la ſublimation, on trouvera au fond du vaiſſeau une » tête morte & de nulle valeur. »

M. *Geoffroi*, dans ſa Matière médicale, expoſe la manière de purifier le Camphre : ce procédé, qui indique que c'eſt par la ſublimation, eſt extrait de la Diſſertation de M. *Jean-Frédéric Gronovius*.

Lemery, dans ſon *Dictionnaire des Drogues*, *Edition de* 1759, *pag.* 170, dit à-peu-près la même choſe, il ajoute ſeulement (ou peut-être ſon Editeur,) qu'il ſemble qu'on le met en pains ronds en le faiſant fondre après l'avoir ſublimé.

Malgré l'autorité de *Pomet*, confirmée en partie par *Lemery*, &c. l'opinion la plus commune & la plus reçue, eſt que l'état où nous recevons le Camphre purifié, ſoit un effet de la ſeule fuſion ; & cette opinion étoit fondée, 1.° ſur ce que les huiles eſſentielles concrètes (comme eſt le Camphre) ne peuvent ſe fondre qu'à un degré de chaleur ſemblable à celui de l'eau bouillante, à un degré plus fort elles ſe décompoſent, degré qui ſeroit néceſſaire pour opérer la ſublimation du Camphre; 2.° que le Camphre, en ſe refroidiſſant prenoit la forme du fond intérieur du vaſe où il s'étoit liquéfié; & l'on

diſoit *le Camphre purifié a dû conſerver la figure du pontis de la bouteille.*

Dans l'un de mes voyages en Hollande, j'ai eu la curioſité de voir un de ces Laboratoires où l'on raffine le Camphre : je n'eſpérois pas comme découvrir le ſecret, s'il en eſt un ; mais je voulois du moins ſatisfaire ma curioſité ſur le local & ſur les moyens généraux qu'on y employoit : je parvins non ſans peine à entrer dans le Laboratoire & à y reſter quelques minutes. Je vis une grande pièce, garnie dans ſon pourtour d'un corps de fourneaux à hauteur d'appui, où ſont enfoncées dans un grand nombre de capſules garnies de ſable, autant de bouteilles à cul plat, ſous des couvercles de fer étamés; ces différens fourneaux ſont échauffés par un ſeul foyer, qui tranſmet l'activité du feu ſous chaque capſule au moyen d'un tuyau. L'aliment de ce feu eſt de la tourbe, & la chaleur eſt graduée par des thermomètres placés en différens endroits de l'attelier : il n'y avoit qu'un ſeul Ouvrier. Je lui vis retirer divers couvercles, tourner les bouteilles dans leur bain de ſable & les recouvrir auſſi-tôt; je ne lui fis point de queſtions, il ne m'y auroit pas répondu : je dois dire que dans ce moment pluſieurs circonſtances réunies me firent ſoupçonner que le raffinage de Camphre ſe faiſoit par ſublimation : la quantité de bouteilles, la figure qu'ont les pains de Camphre, convexes d'un côté, concaves de l'autre, & le trou qui s'y trouve, lequel répond à l'ombilic qu'on obſerve dans les pains de ſel ammoniac ſublimés : tout ceci ne favoriſoit pas l'idée de la fuſion du Camphre, qui pourroit ſe faire plus naturellement dans un ſeul vaiſſeau plus grand.

De retour à Paris, j'ai voulu m'aſſurer ſi mon ſoupçon étoit fondé, j'ai fait, à ce ſujet, pluſieurs expériences dont je vais rendre compte à l'Académie.

Première Expérience.

Une bouteille de verre verd, meſure d'une pinte de Paris, & marquée

marquée *N.°* 1, contenoit huit onces de Camphre brut du Japon, tel qu'il nous vient dans le commerce par la voie des Hollandois : il étoit alors neuf heures du matin ; je mis cette bouteille dans une poële de fer garnie de ſable, & ſur un feu de charbon que j'augmentai par degrés : la bouteille étoit pleine un peu plus qu'à moitié, bouchée avec du coton, & recouverte d'une autre poële, afin d'entretenir la chaleur égale à l'inſtar des couvercles de fer-blanc que j'avois vu en Hollande dans les Laboratoires à raffinage de Camphre ; à dix heures & demie, je levai mon couvercle, la partie du bouchon de coton, qui étoit dans le col de la bouteille, me parut auſſitôt ſe charger de flocons cryſtallins : j'apperçus en même-tems quelques gouttes d'une matière comme huileuſe, & fixées contre les parois intérieures de la bouteille ; je remis le couvercle, j'augmentai le feu, & la bouteille ſe fêla horizontalement au niveau du Camphre liquéfié ; c'étoit le même niveau du bain de ſable. Craignant ou l'exploſion ou l'inflammation d'une ſubſtance auſſi combuſtible, je diminuai le feu & même l'éteignis ; tout étant refroidi, je voulus retirer la bouteille, elle ſe diviſa en deux à l'endroit de la fêlure, &, malgré tous ces accidens, je trouvai plus des deux tiers du Camphre qui étoit ſublimé, très-beau, diaphane, non en une maſſe ſolide, mais en flocons pelotonnés comme de la neige. Cet eſſai m'encouragea & me fit eſpérer de réuſſir ſi je réitérois cette opération avec une bouteille de verre blanc. En voici le détail.

Deuxième Expérience.

Une bouteille de verre blanc & fort épais, plus large que haute, à col fort court ; de la meſure d'une demi-bouteille de Paris & marquée *N.°* 2, contenoit quatre onces de Camphre brut du Japon, elle étoit à moitié pleine ou environ, & bouchée avec du coton. Je la mis à neuf heures du matin dans le bain de ſable & échauffé comme dans la précédente opération : je n'y mis point de couvercle ; à neuf heures trois quarts, le bout du bouchon de coton étoit deja chargé de flocons

cryſtallins : à dix heures, les parois intérieures de la bouteille, étoient enduites juſqu'au col de gouttes qui paroiſſoient comme huileuſes ; quelques minutes après, la bouteille parut nébuleuſe, elle étoit intérieurement tapiſſée de flocons lamelleux & brillans ; à onze heures, j'augmentai le feu, & la partie ſupérieure de la bouteille parut entièrement opaque juſqu'au niveau du bain de ſable ; néanmoins les gouttes huileuſes furent toujours permanentes, le bout pyramidal du bouchon de coton étoit alors tout couvert de Camphre à demi-coagulé, ainſi que les parois intérieures du col de la bouteille ; à onze heures & demie, la partie ſublimée ſembloit ſe fondre : le col de la bouteille s'éclaircit entièrement, il n'y reſtoit plus de camphre ; à 11 heures trois quarts, les gouttes huileuſes paroiſſoient encore : le peu de vapeur ſubtile, qui s'échappoit à travers le bouchon, de coton, étoit d'une odeur acide & légèrement empyreumatique. Tandis que j'obſervois les progrès de l'opération, j'apperçus une grande partie du peu de Camphre ſublimé ſe fondre de nouveau & en trois minutes de tems le total ſe fondit entièrement & parut bouillir ; ce fut alors que toute la voûte de la bouteille juſqu'au niveau du bain de ſable (excepté le tiers de la circonférence, la partie qui n'étoit pas expoſée au courant de l'air,) ſe trouva auſſi-tôt recouverte de Camphre ſublimé & ſolide : les gouttes ou bulles comme huileuſes avoient enfin diſparu, & je ſoupçonne qu'elles ſe raréfièrent & paſsèrent à travers le bouchon de coton ſous la forme de vapeurs dont j'ai parlé ci-deſſus ; à midi & demi, je ne pus diſtinguer l'effet des lames de Camphre qui ſe ſublimoient, parce que toute la partie de la bouteille au-deſſus du bain de ſable en étoit toute tapiſſée intérieurement & d'un blanc opaque ; à midi trois quarts, je pus obſerver que le Camphre brut ne ſe ſublimoit pas ſenſiblement en flocons comme le Camphre purifié, ni comme celui qui eſt à demi-raffiné : je remarquai encore, qu'à meſure qu'il étoit ſublimé il ſe fondoit auſſi-tôt, ce qui n'arrivoit pas aux autres eſpèces de Camphre qui ſe coaguloient dans le même inſtant & ſans ſe liquéfier de nouveau. Je couvris, pendant un moment, la bouteille avec un enton-

noir de fer-blanc dont j'avois bouché le tuyau, à deſſein de reconnoître ſi la ſublimation & la liquéfaction qui s'étoient faites alternativement, dépendoient ou des hétérogénités qui montoient avec le Camphre & l'empêchoient de ſe fixer, ou du degré de chaleur qu'il falloit produire & entretenir pour permettre au Camphre ſublimé de ſe fixer d'une manière intime contre les parois de la bouteille; à une heure, je levai le couvercle, il n'y avoit encore aucun changement; à une heure & demie, je le levai pour la dernière fois, je n'appercevois encore aucun progrès dans l'opération; mais, à l'inſtant, je reconnus que le contact de l'air extérieur fit auſſi-tôt fixer les vapeurs intérieures contre les parois & ſeulement juſqu'au niveau du ſable; la matière parut en forme de cire fort molle, ou d'huile congelée; les vapeurs ſe coagulèrent peu-à-peu pendant une demi-heure, puis elles ſe liquéfièrent par intervalles & en partie; dans ce qui reſtoit de ſublimé, j'y diſtinguai des vides qui ſe remplirent à moitié ſur les deux heures & demie, nul autre progrès juſqu'à trois heures; mais bientôt j'obſervai la cryſtalliſation du Camphre qui ſe ſublimoit & ſe fixoit; c'étoient autant de lames luiſantes preſque tranſparentes qui s'entrelaçoient, réfléchiſſoient & réfractoient la lumière comme des particules de glace; le ſommet de la bouteille étoit ſeulement tapiſſé d'une matière farineuſe & opaque; ſur les quatre heures, je diminuai peu-à-peu l'activité du feu, parce que plus des deux tiers du Camphre étoient ſublimés. J'approchai une bougie allumée contre les parois extérieures de la bouteille, à l'endroit le plus tranſparent; je me plaçai de l'autre côté, & je diſtinguai très-bien le Camphre du fond en ébullition, lançant ou formant des gouttelettes en manière de jets, ſemblables à ceux que l'on produit & que l'on obſerve quand on verſe du ſuc de citron dans de l'eau; à ſept heures, je retirai la bouteille du bain de ſable, elle étoit à demi-froide, & j'eus la ſatisfaction de voir une belle ſublimation bien cryſtalliſée & plus tranſparente que celle du Camphre raffiné en Hollande. Le fond de la bouteille étoit tapiſſé d'un peu de terre brune, noirâtre: je peſai la bouteille,

pour reconnoître combien il s'étoit dissipé de Camphre à travers le bouchon de coton, & je n'y trouvai pas de diminution.

Troisième Expérience.

Une bouteille semblable à celle de l'Expérience précédente, marquée *N.°* 3, contenoit une once six gros de Camphre brut & autant de Camphre raffiné, l'un & l'autre du Japon. La bouteille étoit à moitié pleine & bouchée avec du coton; à neuf heures du matin, je la mis dans le bain de sable, sans la couvrir: je graduai le feu; à dix heures, même phénomène que dans l'Expérience du *N.°* 2, excepté les bulles comme huileuses qui paroissoient en moindre quantité. La bouteille étoit alors un peu terne ou nébuleuse: à onze heures, elle étoit entièrement opaque; le bouchon de coton commençoit déja à être fixé par le nombre de lames de Camphre, congelées, &c. qui obstruoient l'orifice ou le col de la bouteille; les bulles comme huileuses ne cessoient de paroître, mais toujours en moindre quantité que dans l'Expérience du *N.°* 2; à onze heures & demie, l'orifice de la bouteille étoit encore obstrué d'un Camphre opaque; à midi, les bulles huileuses disparurent, & toute la capacité de la bouteille jusqu'au niveau du bain de sable, se trouva tapissée de Camphre; la couche, qui touchoit immédiatement aux parois intérieures de la bouteille, étoit d'un gris sale & conserva cette nuance jusqu'à la fin de l'opération; à midi & demi, le Camphre, qui étoit au fond de la bouteille, se liquéfia & se mit en ébullition: ce fut alors que les degrés de la sublimation furent très-sensibles & en même-tems très-curieux; qu'on se figure un nombre de gouttes partir de la liqueur ou Camphre en fusion, paroître sous la forme de lames perlées & lucides au milieu de la bouteille, y voltigeant, comme la neige dans l'athmosphère à l'instant d'un vent impétueux, & s'accrocher les unes aux autres par différentes faces, monter, descendre, puis se sublimer de nouveau, & se fixer peu-à-peu au dôme de la bouteille, & ainsi de suite jusqu'à la fin de l'opération; alors on

aura une pleine idée de cette ſublimation ; à une heure, la ſublimation ſe faiſoit par progrès très-ſenſibles : mais elle produiſit encore les mêmes phénomènes que dans l'Expérience du *N.*° 2 ; elle reſta en cet état juſqu'à quatre heures, à cette différence, que la coagulation ſe faiſoit peu-à-peu plus ſenſiblement ; l'opération fut achevée à ſept heures du ſoir, & à neuf heures je retirai la bouteille, je la peſai en cet état, elle avoit perdu trois gros de ſon poids : le réſidu étoit une terre tenace d'un brun rougeâtre & foncé ; la partie ſublimée ne m'en parut pas ſi belle que celle que j'avois obtenue avec du Camphre tout brut & en couvrant la bouteille ; elle n'avoit pas même la tranſparence de celle que j'avois obtenue du Camphre brut, & dont la bouteille s'étoit caſſée à moitié de l'opération, ainſi qu'il eſt dit dans la première de ces Expériences.

Quatrième & cinquième Expériences.

Deux bouteilles ſemblables en tout aux précédentes, *N.*° 2 & *N.*° 3, contenoient, l'une *N.*° 4, quatre onces de Camphre du Japon & raffiné, l'autre marquée *N.*° 5, cinq onces de Camphre brut de Bornéo : ayant bouché légèrement ces deux bouteilles avec du coton, je les plaçai dans un même bain de ſable, il étoit alors neuf heures du matin ; je poſai un couvercle ſur celle qui renfermoit le Camphre de Bornéo ; je pouſſai le feu par degrés, d'abord aſſez vifs ; à neuf heures & demie, l'extrémité pyramidale du bouchon de coton de la bouteille, *N.*° 4, étoit déjà enduite de petits flocons de Camphre ; à dix heures & demie, les parois intérieures de la bouteille ſe trouvèrent tapiſſées de petites lames de Camphre à demi-concrètes & clair-ſemées ; à onze heures, la bouteille s'en trouva totalement enduite ; je n'obſervai, ſur les parois, aucunes bulles comme huileuſes, il y en avoit ſeulement à la baſe de l'orifice du col, leſquelles, en s'y coagulant ſous une couleur rouge, y rendirent le coton abſolument fixé ; la partie de la bouteille hors du ſable, avoit toujours une ſorte de tranſpa-

rence, & le Camphre ne ſe liquéfioit pas encore dans le fond de la bouteille; à onze heures & demie, la bouteille parut entièrement opaque; à midi, je levai le couvercle de deſſus la bouteille du *N.°* 5, je diſtinguai bien les mêmes phénomènes (*per deſcenſum*) que j'avois obſervés dans la deuxième Expérience; mais les deux bouteilles *N.°* 4 & *N.°* 5, placées dans le même bain, offrirent, dans la ſuite de l'opération, les mêmes progrès & la même alternative que dans le *N.°* 3; à midi & demi, chaque eſpèce de Camphre étoit fondu & en ébullition. Un Thermomètre de M. de Réaumur, un autre de Farenheit étoient tous les deux plongés dans le même bain de ſable, comme dans les trois précédentes opérations, & toujours fixés au degré de l'eau bouillante ou à-peu-près; à une heure, une partie du camphre ſublimé parut ſe liquéfier de nouveau & ſe précipiter auſſi-tôt; dans le même inſtant, il ſe fit une nouvelle ſublimation qui augmenta de denſité & en volume juſqu'à deux heures: la ſuite de la ſublimation fut fort lente, ce ne fut que ſur les quatre heures & demie qu'en perçant, au moyen d'une groſſe & longue aiguille, le bouchon de coton & la matière ſublimée, j'apperçus très-ſenſiblement le fond des deux bouteilles, il y avoit encore quelques portions de Camphre fondu; alors je ſoufflai ſur les parois extérieures des bouteilles: je crus qu'elles ſe fêlerent à l'inſtant, en faiſant une eſpèce de cliquetis, que je reconnus enſuite être uniquement l'effet de la coagulation & de l'arrangement des parties du Camphre; coagulation accélérée par le froid d'un air factice & extérieur: en effet, les deux bouteilles n'en furent point endommagées: je diminuai, par degrés, l'activité du feu, le reſte du Camphre acheva de ſe ſublimer & de ſe condenſer ſur les ſix heures du ſoir, alors je laiſſai les vaiſſeaux ſe refroidir.

A neuf heures, je retirai du ſable les bouteilles, je peſai celle du *N.°* 4, elle n'avoit aucunement perdu de ſon poids: celle du *N.°* 5 en avoit perdu deux gros.

La ſublimation du Camphre, *N.°* 4, quoique belle, me

parut inférieure à celle du *N.°* 3, qui étoit le produit d'un mêlange & à parties égales de Camphres du Japon, l'un brut & l'autre raffiné; elle étoit encore moins transparente que celle du *N.°* 2, qui est la plus diaphane, & qui étoit le produit d'un Camphre brut du Japon. La bouteille du *N.°* 5, qui contenoit du Camphre brut de Bornéo & qui avoit été couverte pendant la sublimation, a offert un Camphre qui, après celui du *N.°* 2, est le plus beau.

Il résulte, de toutes ces Expériences que je soumets aux yeux de l'Académie,

1.° Que l'axiome adopté le plus généralement, que le Camphre chauffé au degré de l'eau bouillante & même au-dessus, ne peut se sublimer sans se décomposer, doit souffrir quelque exception. Le Camphre est une substance toute particulière, qui a des caractères qui la distinguent de tous les autres corps, (soit huiles, soit résines) du régne végétal.

2.° Que le raffinage du Camphre se fait par sublimation, & que, pour parvenir à la sublimation de cette substance, le feu doit être gradué & assez violent.

3.° Que l'usage d'un vase de verre verd convient moins, pour cette opération, que le verre blanc, ou au moins blanchâtre; & que ces vases ou bouteilles de verre n'ont point leur fond intérieur convexe, ainsi qu'on le disoit; il est, au contraire, très-plat.

4.° Que l'usage des couvercles, est une manière de reverbere qui, conservant & réfléchissant la chaleur, accélère la liquéfaction (c'est-à-dire la fusion) du Camphre, état nécessaire à sa purification & à sa sublimation.

5.° Que le contact de l'air extérieur bien ménagé, contribue à faciliter l'opération. Le truité ou le trezalé qu'on observe sur les parties extérieures des pains de Camphre, ne provient que d'un refroidissement subit ou très-prompt à l'instant où l'on retire les bouteilles du bain de sable, & qu'on les

expoſe à l'air libre ; alors on entend un cliquetis qui produit des lignes ou des raies en tout ſens, comme le feroit un coup de marteau ſur un morceau de cryſtal, ou d'eau convertie en glace.

6.° Que le Camphre brut du Japon, mis ſeul ſur le feu, dans un vaſe ſublimatoire, ne perd point ou très-peu de ſon poids, tandis qu'étant mêlé avec le même qui eſt purifié, il déchet d'un ſeptième. Le Camphre purifié, au contraire, étant mis ſeul dans un vaſe ſublimatoire, n'y diminue point, tandis que le Camphre brut de Bornéo y perd un vingtième de ſon poids.

7.° Que la partie du pain de Camphre, qui touche immédiatement à la pointe du bouchon (lequel eſt fait de coton,) & même l'incruſte, eſt communément poreuſe, ſans conſiſtance & d'un gris rouſsâtre. Pour obtenir ces pains, on caſſe les bouteilles à l'aide d'un petit marteau : enſuite on prend un inſtrument de fer dont la partie tranchante eſt cambrée, on pare les ſuperficies de chaque pain, notamment celles du côté du verre ; &, pour parvenir à retirer tout le coton, on en arrache une partie au moyen des doigts ; pour en avoir le reſte, l'on taille & perce la maſſe de part en part avec le même inſtrument de fer, de manière à faire un trou qui y reſte & qu'on obſerve au centre des pains de Camphre.

8.° Enfin que la manière de raffiner le Camphre telle que je l'ai décrite & exécutée, n'eſt pas auſſi compliquée que celle qu'on lit dans les Auteurs, & notamment dans la Diſſertation de M. Gronovius, & qu'il ſeroit peut-être difficile de répéter.

MÉMOIRE

MÉMOIRE
SUR
LA NATURE ET LA CAUSE DES DIFFÉRENTES GRAISSES DU VERRE.

Par M. D'ANTICK.

Présenté le 7 Décembre 1765.

DANS MON MÉMOIRE sur la cauſe des bulles, qui ſe trouvent dans le Verre, je me ſuis engagé à traiter des autres effets du ſel de Verre. Le deſir de porter mes recherches à un plus haut degré d'évidence, ne m'a pas permis de remplir plutôt cet engagement.

Voy. pag. 553 du IV.me Volume des Mémoires préſentés à l'Académie Royale des Sciences.

Il ne me fut pas poſſible de développer, dans mon Mémoire ſur la perfection de la Verrerie, les effets du fiel de Verre. Je me contentai de les indiquer.

Voyez pag. 41 de mon Mém. ſur la perfection de la Verrerie.

Ce qui me reſte à faire, eſt d'une trop grande étendue, pour être traité convenablement dans un Mémoire. Je me bornerai aujourd'hui aux *graiſſes* que le *ſuin* produit dans le Verre.

Mon travail ne ſera pas chargé de citations. Je ne connois point d'Auteur, qui ait parlé de ce qui en fait le ſujet. *Néri* dit, à la vérité, que le ſel alkali, (le fiel de Verre, qu'il regardoit comme un alkali ſuperflu) rend le cryſtal obſcur & nébuleux; mais cette idée eſt ſi peu développée, qu'elle ne paroît pas mériter beaucoup d'attention.

Voyez pag. 39 de ſon Art de la Verrerie, traduction françoiſe, *in*-4.°

Les *graiſſes* du Verre ne ſont guères connues que dans les

Verreries où l'on travaille en cryſtal ou en Verre-blanc. Il y a pluſieurs raiſons pour leſquelles on les remarque très-rarement dans les Verreries en commun; 1.° parce que celles-ci n'emploient jamais le ſel alkali fixe pur; 2.° qu'elles font entrer, dans leur compoſition, une bien moins grande quantité de ſel alkali fixe, & conſéquemment de ſel de Verre, que les Verreries en fin; 3.° parce que la partie terreuſe-calcaire de la ſoude ou des cendres ordinaires, donnant une grande fluidité au Verre, favoriſe l'évaporation du ſel de Verre; 4.° enfin, parce que le principe colorant, les phlogiſtiques, dont les cendres du *kali* & des autres végétaux ſont abondamment chargées, volatiliſe, pendant la fuſion, le ſel de Verre.

Des Verreries en fin, celles qui travaillent en aſſortiment, ſont les plus expoſées à voir leur Verre *gras*. Le bas prix que la concurrence a produit dans cette branche de Verrerie, les force à être plus économes de ſel alkali fixe, que les Verreries en glaces, en verres plats, façon de Bohême, &c. Dans un inſtant, nous aurons occaſion de rendre ceci plus clair.

Quelquefois, au moment qu'il faudroit travailler le Verre, on le trouve hors d'état d'être mis en pièces marchandes. Il eſt demi-tranſparent, de couleur de lait & peu ſolide; au premier coup-d'œil, on le prendroit pour de la porcelaine, ou pour du Verre de craie: c'eſt le premier degré de graiſſe & le plus funeſte. Cette eſpèce de graiſſe, comme les autres, a, pour ainſi dire, des nuances; la couleur de lait eſt plus ou moins belle, tire plus ou moins ſur le verd ou ſur le bleu. On éprouve quelque choſe de très-approchant dans les Verreries communes, ſur-tout dans les Verreries à bouteilles: leur verre devient plus ou moins couleur de lait, ſoit dans le creuſet, ſoit en chauffant la pièce. Il eſt, je penſe, peu de perſonnes qui n'aient obſervé des bouteilles infectées de ce défaut, qui ont des parties ou des raies blanchâtres ou bleuâtres. En termes de l'art, ce défaut s'appelle *chapeau*. Quelque reſſemblance qu'il ait avec la *graiſſe*, que nous venons de décrire, il

ne faut pas les confondre; ils ont des cauſes très-différentes. Le Verre à bouteille ne devient *chapeau*, que parce qu'une certaine quantité de terre calcaire n'a pu être vitrifiée.

D'autres fois, au commencement ou pendant le travail, on voit, dans toute la ſubſtance du Verre refroidi, un nuage blanchâtre & une infinité de très-petits points blancs; ce Verre eſt d'un blanc fade, peu brillant, moins tranſparent, que le beau Verre ne l'eſt ordinairement, & plus caſſant à la cuiſſon & dans le magaſin: c'eſt le ſecond degré de graiſſe.

Il eſt des verres à boire, & d'autres pièces, qui paroiſſent mal rincés; on croit y remarquer l'empreinte de doigts gras, ou un nuage très-léger d'une couleur différente de celle du verre: ſouvent les domeſtiques ſont la victime de l'impéritie ou de la négligence du Fabricateur. C'eſt le troiſième degré de graiſſe.

Lorſqu'on examine de près les glaces ſoufflées, & dont le verre a été fait avec la ſoude, on y remarque comme une fumée plus ou moins étendue, un nuage violet ou tirant ſur le violet: ce défaut n'occupe pas toute l'étendue de la glace; mais une partie ou pluſieurs ſéparément. C'eſt le quatrième degré de graiſſe.

J'ai vu plus d'une fois des glaces ſoufflées, qui paroiſſoient parſemées, dans toute leur ſubſtance, d'une infinité de très-petits nœuds, & qui, quelques bien polies qu'elles fuſſent, avoient toujours un air raboteux. C'eſt notre cinquième & dernier degré de graiſſe.

C'eſt improprement qu'on appelle ces défauts-là, *graiſſe*: on leur a donné cette dénomination, parce que le Verre qui en eſt infecté, pénétré par l'humidité, a réellement quelque choſe d'onctueux au toucher.

Le Verre gras eſt plus caſſant, comme nous l'avons déjà fait obſerver; mais il eſt auſſi d'autant plus ſuſceptible d'humidité,

& il prend d'autant plus difficilement la couleur rouge de la manganèſe, qu'il eſt plus gras. Ces deux derniers phénomènes auroient dû me conduire naturellement à la cauſe de la graiſſe. Il eſt certain que le ſel de Verre deſſéché dans le creuſet, & très-diviſé dans le Verre, emporte avec lui, dans ſon évaporation, le principe colorant de la manganèſe, & attire l'humidité de l'air, après le refroidiſſement du Verre. Les routes les plus ſimples ſont rarement les premières qu'on ſuit.

Celle que je pris, loin de me faire atteindre le but que je me propoſois, m'en éloigna. Je queſtionnai les Directeurs, les Maîtres Fondeurs & les principaux Ouvriers de différentes Verreries : preſque tous s'accordèrent à attribuer le 1.er, le 2.me & le 5.me degré de graiſſe, au froid qu'avoit ſouffert le Verre dans le creuſet, c'eſt-à-dire, à une diminution de chaleur, & le 3.me & 4.me degré, à la fumée du bois, qui, par l'imprudence du *tiſeur*, ſaiſiſſoit la pièce, au moment qu'on la chauffoit à l'ouvreau.

Il eſt certain que, dans les Verreries en aſſortiment, toutes les fois que le *tiſeur* néglige ſon fourneau, le Verre devient plus ou moins gras.

Lorſqu'on met du Verre chaud ſur du bois, la fumée fait une tache au verre, qu'on ne peut détruire. Ces deux faits, quelques concluans qu'ils paruſſent aux perſonnes que j'avois conſultées, laiſſèrent des doutes dans mon eſprit. J'avois vu du Verre, qui, à un feu très-foible, n'étoit point devenu gras. A un egal degré de chaleur, le verre gras m'avoit paru conſtamment plus pâteux, plus dur dans le creuſet, que le verre qui n'étoit point gras. Depuis long-tems je ſavois que le verre étoit d'autant plus diſpoſé à la graiſſe, qu'on avoit moins fait entrer de ſel alkali fixe dans ſa compoſition, & que ce ſel avoit été mieux purifié du principe colorant. La tache que la fumée du bois avoit faite ſur le verre, ne me parut pas de la même couleur, que la graiſſe du 3.me & 4.me degré. On peut enlever cette tache, en uſant une très-petite épaiſſeur du verre,

au-lieu que la graiſſe du 3.me & 4.me degré occupe toute l'épaiſſeur du verre: d'ailleurs la graiſſe du 4.e degré n'affecte qu'une ou pluſieurs parties de la glace; ſi elle étoit le produit de la fumée, elle en affecteroit toute l'étendue. L'état d'incertitude ſur un phénomène que j'avois ſouvent occaſion d'obſerver, étoit pour moi trop déſagréable, pour ne pas mettre en uſage tout ce qui me paroiſſoit propre à m'en tirer. J'enviſageai donc la choſe ſous un nouveau point-de-vue : mais, avant de rendre compte de mes expériences, & de donner la démonſtration de la choſe que je cherchois, il eſt néceſſaire de remarquer que la proportion de ſel alkali fixe, qui entre dans la compoſition du Verre-blanc, doit être relative au degré de chaleur du fourneau. Pour rendre ce principe plus ſenſible, ſuppoſons que les fourneaux de Verrerie, donnent pluſieurs degrés déterminés de chaleur; s'il faut cinq degrés de chaleur pour mettre en fuſion, & affiner convenablement une compoſition de deux parties de ſel alkali fixe, & de trois parties de ſable; avec la même compoſition, on aura le 2.me degré de graiſſe, ſi le fourneau ne donne que quatre degrés de chaleur, & le premier degré de graiſſe, s'il ne donne que trois degrés de chaleur; s'il n'en donne que deux, la matière n'entrera pas en fuſion, &c. Si l'on fait la compoſition d'une partie de ſel alkali fixe ſur deux parties de ſable, à cinq degrés de chaleur, on aura le deuxième degré de graiſſe; à quatre, le premier degré, & à trois, on n'obtiendra point de fuſion. On ſent que la quantité de l'alkali fixe de la compoſition, varie, à raiſon du plus ou moins de ſel de verre dont il eſt chargé. Une des grandes difficultés dans les Arts, c'eſt d'avoir preſpreſque toujours à combiner un grand nombre de circonſtances.

L'examen que je fis du Verre, lorſqu'il commence à ſe mettre en fuſion, fut pour moi le premier trait de lumière ſur la cauſe de la graiſſe. Dans cet état, le verre eſt peu tranſparant, plus ou moins laiteux, très-caſſant, très-ſuſceptible d'humidité, il ne prend point la couleur de la manganèſe, il

eſt gras. Si la chaleur eſt ſuffiſante, ſi la compoſition a été faite dans des proportions convenables, & ſi le ſel alkali fixe qu'on a employé, n'eſt pas trop chargé de fiel de verre, la graiſſe diſparoît par degrés.

Que perd le Verre dans ſa cuite ou dans ſon affinage? une infinité d'expériences nous aſſurent, que le Verre ne perd que le principe colorant & le ſel de verre. Je ne pouvois donc attribuer la graiſſe du Verre, pris au commencement de la *fonte*, qu'à l'une de ces deux cauſes ou aux deux enſemble. Dans la vue de déterminer la vraie, je fis mêler de la pouſſière de charbon de bois, du principe colorant au verre. Loin que cette matière inflammable augmentât la graiſſe, elle la diſſipa. Quelque naturel qu'il me parût de conclure, que le fiel de verre étoit la cauſe que je cherchois; je voulus m'en aſſurer par une nouvelle Expérience, je fis mêler au verre du *ſuin* très-blanc: la graiſſe reparut, & je ne pus même la diſſiper, qu'au moyen des matières chargées de beaucoup de phlogiſtique.

Quoiqu'il ne me reſtât aucun doute ſur la cauſe de la graiſſe, je crus devoir faire de nouvelles recherches pour porter ma découverte à un plus haut degré d'évidence; le Verre gras, examiné à la loupe, eſt parſemé d'une infinité de points blancs parfaitement ſemblables au fiel du Verre, vu de même à la loupe.

Je fis éteindre dans l'eau du verre très-gras: cette eau évaporée, j'eus pour réſidu du ſel de verre; le verre étant remis en fuſion, fut de beaucoup moins gras.

Lorſqu'on dégraiſſe le Verre par la pouſſière de charbon, ou par quelque autre moyen violent, il s'élève une vapeur blanchâtre & très-abondante. Si l'on condenſe cette vapeur, on ne trouve autre choſe que du fiel de verre; ſi l'on mêle du *ſuin* à du verre dégraiſſé par le phlogiſtique, il redevient gras. Je fis mêler à du verre très-gras du ſel alkali fixe, purifié autant qu'il ſoit poſſible, la graiſſe diſparut: j'eus beau mê-

ler du *fuin* à ce verre dégraiſſé, la graiſſe ne reparut que pour très-peu de tems. Ce phénomène donne la raiſon pour laquelle les Verreries en glace, &c. ſont moins expoſées à voir leur verre gras, que les Verreries en aſſortiment. Cette addition du ſel alkali fixe, rend le verre moins pâteux, &, par-là, facilite la diſſipation du ſel de verre en vapeur.

Les Expériences dont nous venons de rendre compte, démontrent, je penſe, bien évidemment que le fiel de verre eſt la cauſe matérielle du 1.er du 2.me & du 3.me degré de graiſſe; mais prouvent-elles avec la même évidence qu'il eſt la cauſe du 4.me & du 5.me degré? je conviens que non; & j'avoue que ces deux derniers degrés de graiſſe ont long-tems tenu mon eſprit à la torture.

Pourquoi le troiſième degré eſt-il particulier aux glaces ſoufflées, dont le verre a été fait avec de la ſoude? Comment le ſel de verre peut-il produire ces nœuds, qui caractériſent le 5.me degré de graiſſe? Quelques difficiles que ces queſtions me paruſſent, je ne négligeai rien de ce qui pouvoit me mettre en état de les réſoudre. Pour rendre plus ſenſible ce que nous avons à dire ſur le 4.me & 5.me degré de graiſſe, nous les enviſagerons ſéparément.

Si l'on examine à la loupe les parties de la glace affectées de la graiſſe du quatrième degré, on s'aſſurera que le nuage eſt un tiſſu de très-petits points blancs, ſemblables au ſel de verre; la couleur bleuâtre du verre de la glace & la couleur rouge de la manganèſe, donnent vraiſemblablement à ce nuage un air violet.

J'ai obſervé aſſez conſtamment que les parties de la glace affectées de la graiſſe, étoient plus ſuſceptibles d'humidité, & conſéquemment plus ſujets à ſe *rouiller*, à ſe *plomber*, & à avoir même des *yeux de perdrix* dans les magaſins, que les autres. Nous avons vu plus haut qu'un des caractères de la graiſſe, c'étoit de rendre le verre plus ſuſceptible d'humidité.

J'amais je n'ai pu remarquer cette eſpèce de graiſſe dans un verre fait avec la meilleure ſoude d'Alicante, dans des proportions convenables, & à un feu violent & long-tems continué.

On ſait, & j'en ai ſouvent fait l'expérience, que la ſoude de Carthagène eſt chargée de moitié plus de fiel de verre, que celle d'Alicante : auſſi produit-elle aſſez ordinairement le 4.me degré de graiſſe.

Toutes ces obſervations paroiſſent prouver aſſez clairement que le ſel de verre n'eſt pas moins la cauſe du quatrième degré de graiſſe, que des trois premiers; mais elles ne nous apprennent pas pourquoi cette eſpèce de graiſſe eſt particulière aux glaces ſoufflées, & qu'elle n'affecte qu'une ou pluſieurs parties de leur étendue. Cette ſingularité a été pour moi un objet de nouvelles recherches.

On recuit les glaces ſoufflées de deux façons : dans des *ſtriques* & dans des *carquaiſes* : les *ſtriques* ſont des fourneaux très-longs, & dont la voûte du côté oppoſé à celui où l'on *chauffe*, eſt de beaucoup plus élevée. On *étend* les glaces dans le bout où la voûte eſt ſurbaiſſée, enſuite l'on conduit la glace développée ſur l'âtre du fourneau, juſqu'à l'extrémité oppoſée, où l'on la met de champ, & on la ſoutient dans cette ſituation avec des barres de fer, qui traverſent horizontalement le fourneau à différentes hauteurs : on juge que, pour mettre ces glaces de champ, il faut qu'elles ſoient refroidies au point de ne pas *plier*.

Les *carquaiſes* ſont des fourneaux de 25 à 30 pieds de longueur, & de 8 à 10 pieds de largeur. On chauffe cette eſpèce de fourneau par les deux bouts : il y a un fourneau particulier pour *étendre* les glaces, duquel on les porte ſur une grande pelle de fer, dans les carquaiſes, où elles ſont placées à plat à côté l'une de l'autre. Avant de mettre des glaces dans les *carquaiſes*, il eſt néceſſaire de les chauffer juſqu'à ramollir le verre,

& on continue

& on continue à les chauffer pendant douze heures; qu'on y place ſucceſſivement des glaces. On ſentira, dans un inſtant, la néceſſité de cette digreſſion.

Quelques ſoins que je me ſois donnés, je n'ai jamais pu découvrir aucun veſtige de graiſſe du 4.me degré dans les glaces recuites dans les *ſtriques*: toutes celles que j'en trouvois infectées, avoient été recuites dans les carquaiſes.

Le ſel de verre de la ſoude, c'eſt-à-dire, le ſel admirable de Glauber, & le ſel marin, eſt plus votatil que le ſel de verre de la potaſſe, le tartre vitriolé: ce ſel reçoit un nouveau degré de volatilité par le phlogiſtique que lui fournit abondamment la partie terreuſe calcaire de la ſoude. Il ſuffit que le verre ſoit chaud à brûler le bois, pour que ce ſel de verre s'évapore plus ou moins. Nous pouvons enviſager le ſel de verre réduit en vapeur, comme un fluide, qui s'échappe par où il trouve le moins de réſiſtance: or il eſt certain que la partie la plus épaiſſe de la glace conſerve plus long-tems ſa chaleur, que la partie plus mince, & que cette chaleur a plus d'intenſité au milieu, qu'à la ſurface de cette partie plus épaiſſe. La vapeur du ſel de verre doit donc y affluer de toutes les parties plus minces de la glace & y être condenſée, lorſqu'on ceſſe le feu, ou par le refroidiſſement. En effet, j'ai toujours obſervé que la graiſſe ne ſe trouvoit que dans les parties les plus épaiſſes de la glace.

Quoique cette explication quadre aſſez bien avec les principes, elle ne me paroiſſoit qu'une conjecture. Je me hâtai de l'étayer de l'expérience: je mêlai une petite quantité de *ſuin* à un reſte de verre, qui avoit été certainement dépouillé de tout principe de graiſſe. Le plus mauvais Ouvrier fut choiſi pour en faire deux glaces; il les fit comme je l'avois deſiré & prévu d'une épaiſſeur très-inégale; elles furent recuites dans une *Carquaiſe*. Les parties les plus épaiſſes de ces deux glaces furent affectées de graiſſe.

Le cinquième degré de graiſſe ne nous arrêtera pas ſi longtems : on ne l'apperçoit ordinairement que vers la fin des mues, c'eſt-à-dire, après qu'on a travaillé ſur un creuſet cinq ou ſix heures de ſuite; alors le Verre eſt trop bas dans le creuſet, & la chaleur du fourneau trop foible pour que le *ſuin*, qui monte continuellement à la ſurface du Verre, puiſſe ſe diſſiper entièrement. Il ſe forme donc au-deſſus du Verre une légère couche de ſel de Verre; l'ouvrier plonge ſa groſſe canne à trois ou quatre pouces dans le Verre, il la tourne pluſieurs fois ſur elle-même pour y attacher le Verre; à quelques minutes d'intervalle, il fait trois fois cette opération pour *cueillir* le Verre qui lui eſt néceſſaire. Quiconque concevra bien cette manœuvre, ſentira comment le ſel de Verre peut faire paroître la glace parſemée de petits nœuds : ces nœuds ne ſont que de très-petites parties de graiſſe, &, à la loupe, on voit diſtinctement le ſel de Verre qui les forme. Je m'en aſſurai d'une manière encore plus déciſive.

Après avoir laiſſé tomber le feu du fourneau, je jettai ſur du Verre, qui n'avoit aucune apparence de graiſſe, du *ſuin* en petite quantité. La graiſſe du 5.me degré fut très-ſenſible dans la glace que j'en avois fait faire.

Nos recherches ne ſeroient propres, tout au plus, qu'à ſatisfaire la curioſité, ſi elles s'étoient bornées à la découverte de la cauſe de la graiſſe. Nous n'en faiſons cas, que parce qu'elles nous ont fait connoître des moyens auſſi ſimples qu'efficaces, pour prévenir un des plus grands ennemis qu'ait à redouter le Maître de Verrerie.

Dans les Verreries, ſans avoir aucune idée de la cauſe du mal, on y avoit trouvé des remèdes : chacune a le ſien dont elle fait le plus grand ſecret. Parmi ces remèdes, le plus grand nombre ſont des palliatifs, & les autres des ſpécifiques. Jetons un coup-d'œil rapide ſur les uns & ſur les autres. Lorſque les Maîtres Fondeurs s'apperçoivent que leur Verre eſt gras, ou qu'il tend à la graiſſe; les uns y mêlent à pluſieurs repriſes de

la manganèſe en poudre ou en pierre, de l'arſenic, de la pouſſière de charbon, des écorces d'arbre, ſur-tout de tremble, de ſaule, de bouleau, &c. les autres remuent fortement leur Verre avec un bâton de ſept à huit pouces de circonférence de bois verd de tremble, de tilleul, de frêne, de coudries, de ſaule, &c.

Ces moyens ne détruiſent qu'imparfaitement la graiſſe; elle reparoît en partie peu de tems après l'opération ou pendant le travail, & il eſt très-rare que le Verre ne conſerve pas quelque choſe de louche. La raiſon de l'inſuffiſance de ces moyens eſt ſenſible; avec quelque ſoin qu'on les applique, ils n'agiſſent jamais également ſur toutes les parties du verre contenu dans un creuſet: d'ailleurs ils ont trois inconvéniens qui devroient les faire proſcrire; 1.° ils prennent un tems précieux; 2.° ils font perdre beaucoup de Verre, parce qu'ils le bourſouffient au point de lui faire paſſer les bords du creuſet; 3.° il réſulte conſtamment de cette agitation violente qu'ils cauſent dans le Verre, qu'il s'affine mal, qu'il reſte infecté de bulles, & qu'il prend imparfaitement la couleur de la manganèſe. Il y a un petit nombre de Verreries, qui emploient des moyens bien plus efficaces, & qui peuvent même être regardés comme des ſpécifiques; les unes, au-lieu de potaſſe blanche, ne font entrer dans la compoſition de leur Verre, que de la potaſſe rouge: le phlogiſtique dont cette dernière abonde, ſuffit pour volatiliſer le *ſuin* & prévenir ſûrement la graiſſe; les autres mêlent exactement à leur compoſition faite avec la potaſſe blanche, un certaine quantité de pouſſière de charbon de bois; le phlogiſtique du charbon produit néceſſairement le même effet que celui de la potaſſe rouge.

Il n'y a que des hommes très-intelligens & très-expérimentés, qui puiſſent faire une application heureuſe de ces deux moyens: pour peu que la potaſſe rouge ſoit *maigre*, peu onctueuſe, trop chargée de ſel de verre, la compoſition fondra *gras*. Si la potaſſe rouge eſt fraudée, ce qui eſt commun, ſi

elle eſt infectée de matières hétérogènes de ſuie, de ſuc, de fumier, de terre argilleuſe, la compoſition fondra difficilement, le verre ſera d'un verd jaune déſagréable, & il prendra mal la couleur de la manganèſe; ſi l'on ne mêle pas à la compoſition une ſuffiſante quantité de pouſſière de charbon, elle fondra plus ou moins *gras*; ſi l'on y en mêle une trop grande quantité, le Verre ſera d'un verd-jaune peu ſatisfaiſant, & il ne prendra qu'imparfaitement la couleur de la manganèſe. Il eſt d'autant plus difficile de trouver la vraie proportion de la pouſſière de charbon, qu'elle doit être relative à la pureté des matières de la compoſition & à la quantité de ſel de Verre, dont la potaſſe eſt chargée. Ajoutons qu'il eſt très-rare que la pouſſière de charbon ne faſſe bourſouffler la fonte, de façon à en faire ſortir une partie hors du creuſet: l'expérience prouve que ce ne ſont pas des craintes mal-fondées que nous cherchons à inſpirer.

Les moyens que les Verreries mettoient en uſage, étant tous ou inſuffiſans ou d'un effet incertain, ou ſujets à de grands inconvéniens, il étoit naturel que nous ne négligeaſſions rien pour en découvrir de meilleurs, d'auſſi propres à remplir les vues du Maître de Verrerie, qu'à contribuer au bien du Public. C'eſt à quoi nous nous ſommes appliqués avec une nouvelle ardeur; nous pouvons nous flatter que nos recherches n'ont pas été ſans ſuccès.

Les proportions de la troiſième compoſition, que nous avons données dans notre Mémoire ſur la perfection de la Verrerie, ſeroient un moyen infaillible de prévenir la graiſſe; mais il ſeroit trop diſpendieux pour le Maître de Verrerie en aſſortiment: s'il faiſoit entrer plus du tiers de ſel alkali fixe dans ſes compoſitions, il ne pourroit ſoutenir avec avantage la concurrence.

Certain que le ſiel de Verre produiſoit la graiſſe, je cherchai à rendre l'effet impoſſible, par la deſtruction même de la cauſe. Les quantités différentes d'eau que le ſel alkali fixe

& le ſel de verre de potaſſe, le tartre vitriolé, demandent pour leur diſſolution, m'en fournirent un moyen auſſi ſûr que ſimple.

Je plaçai ſur un tonneau une couverture de laine en quatre doubles, je mis ſur cette eſpèce de philtre deux cens livres de potaſſe bien calcinée & bien écraſée, & je verſai ſur cette potaſſe autant d'eau chaude qu'il en falloit, ou à peu de choſe près, pour remplir le tonneau. Après l'opération, je trouvai ſur le philtre une quantité aſſez conſidérable d'un ſel blanc, en cryſtaux parallélepipèdes, & qui ne faiſoient aucune effervescence avec les acides, en un mot, du vrai tartre vitriolé. A la troiſième diſſolution, philtration & évaporation, il ne reſta point ou preſque point de fiel de verre mêlé avec le ſel alkali fixe. On peut faire la diſſolution à l'eau froide, & dans ce cas deux philtrations ſuffiſent; mais l'opération eſt longue, & elle exige une plus grande quantité d'eau: une partie de ſel alkali fixe ainſi purifié, combinée avec deux parties de ſable, ſe met promptement en fuſion, & le Verre qui en réſulte, ne donne aucun veſtige de graiſſe. Nouvelle preuve démonſtrative que le *ſuin* eſt la cauſe de la graiſſe.

Cette découverte eſt non-ſeulement utile à l'Art de la Verrerie, mais elle offre auſſi une reſſource importante à la teinture & même à la Médecine. Nous aurons peut-être un jour occaſion de développer ces idées.

Quelque ſimple que ſoit le moyen que nous venons d'indiquer, pour prévenir la graiſſe, il pourroit arriver qu'il ne fût pas du goût de tous les Maîtres de Verrerie. Nous pouvons leur en fournir un autre auſſi efficace, qui demande encore moins d'appareil, & qui n'eſt pas moins applicable au ſel de ſoude & au nitre alkaliſé, qu'à la potaſſe.

La chaux fuſée à l'air ou éteinte à l'eau, à grand feu, augmente conſidérablement la fluidité du Verre: cette chaux eſt très-propre à volatiliſer le ſel de verre: on peut donc trou-

ver, dans la chaux, un moyen infaillible de prévenir la graiſſe. Un très-grand nombre d'expériences m'en ont convaincu : ces mêmes expériences m'ont appris, que la meilleure proportion dont on puiſſe faire uſage dans l'emploi de la chaux, étoit un douzième de la compoſition, c'eſt-à-dire, que ſur cent livres de bonne potaſſe blanche, & cent ſoixante & quinze livres de ſable, on doit mettre vingt-cinq livres de chaux.

Je n'ignore pas que l'uſage de la chaux eſt connu dans les Verreries d'Allemagne & dans quelques-unes d'Alſace ; mais je ne ſache pas qu'aucune l'emploie dans la vue de prévenir la graiſſe, & qu'elle ait une régle certaine ſur la quantité à faire entrer dans la compoſition.

MÉMOIRE
SUR
LES FORGES DE LA BRETAGNE,

Notamment ſur celles des Salles & de la Noüée; avec quelques Obſervations ſur la Méthode ordinaire de couler les Canons, & celle que l'on y pourroit ſubſtituer.

Par. M. DUHAMEL, Correſpondant.

Préſenté en 1776.

LES FORGES des Salles ſont ſituées à quatre lieues de Pontivi, elles appartiennent à M. le *Duc de Rohan*; elles conſiſtent en un grand fourneau à fondre les minerais, deux affineries & une chaufferie.

Le grand fourneau a vingt-deux pieds de haut, à compter de la pierre de fond juſqu'au gueulard, la maſſe en eſt conſtruite depuis deux ans & avec beaucoup de ſolidité; ce qui étoit facile avec les pierres que l'on y a employées, qui ſe tirent à dix pas du fourneau, c'eſt de l'ardoiſe groſſière ou chiſte qui ſe lève par grandes tables très-unies, de 4, 5, 6, juſqu'à 10 pieds de long & de bonne épaiſſeur; l'on n'a point employé de chaux à cette bâtiſſe, qui n'a encore éprouvé aucunes léſardes, quoique l'on y ait déjà fait pluſieurs fondages: cependant les fentes ſe manifeſtent ordinairement dès le premier.

Les parois intérieures de ce fourneau ſont en moëlons de grais, & l'ouvrage ou creuſet avec de pareilles pierres, mais

qui ſont taillées; celles-ci réſiſtent à la violence du feu pendant tout un fondage qui eſt de ſix à huit mois, & elles ne ſont que légèrement endommagées; celles des parois ou chemiſes, n'éprouvant pas le même degré de feu, tiennent pluſieurs fondages. La partie ſupérieure du fourneau, depuis le gueulard juſqu'aux échelages, eſt ronde comme dans les fourneaux de la Suède.

Deux grands ſoufflets de bois à l'ordinaire, mis en mouvement par une roue, donnent le vent à ce fourneau, c'eſt dommage qu'avec une auſſi belle chûte d'eau, qui eſt de dix-huit pieds, on ne faſſe pas uſage des trompes, il en réſulteroit une grande économie & un vent plus égal.

Un canal, qui paſſe au-deſſous de la digue de l'étang, fournit continuellement de l'eau dans une grande huche, où elle remonte au niveau de celle de l'étang; & de la huche, qui eſt en bois, elle eſt conduite ſur la roue qui fait mouvoir les ſoufflets.

Les minerais, qui ſe fondent dans ce fourneau, ſe tirent de différens endroits à deux lieues à la ronde, les veines ou les couches qui les fourniſſent, ont rarement de la ſuite, & lorſqu'il s'en trouve quelques-unes dans le cas de donner de très-bon minéral en profondeur, elles ſont abandonnées auſſi-tôt que l'on a trouvé de l'eau, & cela faute d'avoir cherché les moyens d'en faire les épuiſemens; de cette manière on attaque beaucoup d'endroits à-la-fois, afin de pouvoir tirer aſſez de mine pour alimenter le fourneau, tandis qu'une, deux ou trois veines bien ſuivies dans la profondeur, ſeroient préſomptivement plus que ſuffiſantes, & donneroient des minerais plus égaux en qualité & en richeſſe, qui empêcheroient les inconvéniens dont j'aurai occaſion de parler dans la ſuite de ce Mémoire.

Les minerais de tous les environs, ſont, pour la majeure partie, des mines limonneuſes; c'eſt ce qui fait que les veines

qui

qui les contiennent n'ont pas toujours une ſuite bien conſtante; il s'en trouve néanmoins de peſante & auſſi compacte que la pierre hématite & riche en fer, toutes les autres ſont légères & terreuſes; tous ces minerais n'affectent aucune forme régulière, &, mêlés enſemble au fourneau, ils ne rendent que trente à trente-cinq livres de fer de gueuſe par cent, qui, perdent un tiers aux affineries, en ſorte qu'il ne reſte que vingt à vingt-deux livres de fer fabriqué, par cent de mine.

Caſtine.

Comme tous ces minerais ont pour baſe une terre argilleuſe, il leur faut pour fondant des matières calcaires; la diſette de la pierre à chaux dans cette partie de la Bretagne, a fait recourir aux coquilles d'huître pour ſervir de caſtine; on les tire du Legué, petit Port de mer près de S. Brieuc, éloigné de dix lieues de cette Forge; elles coûtent trois livres la barique, rendue ſur le lieu.

Emploi de la Fonte.

La fonte que l'on retire de la fuſion des mines, eſt partie coulée en gueuſes, dont on fabrique le fer marchand, ainſi qu'il ſera dit plus loin, & l'autre partie eſt tout de ſuite moulée en marmites & autres uſtenſiles de cuiſines, en manivelles pour les machines hydrauliques des mines de Poullaouën, pillons de bouard, &c.

Le fourneau rend de cent dix à cent trente milliers de fonte par mois, tant en gueuſes qu'en mouleries; la fonte eſt d'une aſſez bonne qualité pour certains uſtenſiles, mais je ne penſe pas qu'elle fût propre à faire des canons; elle n'eſt pas aſſez égale, il s'en trouve de blanche mêlée avec la griſe; l'on ſait que la première eſt trop dure & trop caſſante pour cet uſage; cet inconvénient, dont j'aurai occaſion de traiter plus amplement en parlant de la fonte des canons, ne ſe fait que trop fréquemment appercevoir aux mines de Poullaouën, par la rupture des manivelles, qui ſont des pièces coûteuſes & qui exigent du tems pour être miſes en place.

La différence, qui ſe trouve dans cette fonte, vient de la

variété des minerais, dont les proportions ne ſont pas toujours les mêmes dans les charges du fourneau, & de ce que le charbon eſt plus ou moins humide ou ſec, vieux ou nouveau, dur ou tendre, & en général de ce que l'on charge trop de mine relativement à la quantité de charbon; ce qui fait une économie pour le fermier, mais dont il ne réſulte que trop ſouvent que de la fonte blanche, mal digérée & qui n'eſt propre ni à faire de bonnes mouleries ni de bon fer. Il ſeroit à deſirer que l'on ſuivît la méthode de M. le *Comte de Buffon*, pour les charges des fourneaux, dont nous aurons encore occaſion de parler, l'on auroit de bien meilleur fer dans le commerce: mais il faut convenir que pluſieurs raiſons ſemblent s'y oppoſer; la première, c'eſt que, pour faire du fer doux & nerveux, il en coûte plus de charbon au fourneau de fonte, ou, ce qui eſt la même choſe, qu'avec la même quantité de charbon on fait moins de fonte; la ſeconde, eſt que la fabrication du fer doux eſt plus lente que celle du fer caſſant, le premier étant plus dur au marteau, plus ſujet à être pailleux, & plus difficile à paſſer aux eſpatards & taillans de la fenderie; la troiſième, que les Maîtres de Forge ne vendent le fer doux que très-peu de choſe de plus que le caſſant, & qu'il coûte communémennt un tiers en ſus à fabriquer.

De la réduction du Fer de Gueuſe, en Fer Marchand.

L'ON SUIT, aux Forges des Salles, la méthode du Berry & de l'Angoumois, pour raffiner le fer, c'eſt-à-dire, que la gueuſe étant une fois paſſée aux affineries & convertie en loupes, & ces loupes en encrenées, on porte celles-ci dans un autre foyer que l'on nomme *Chaüfferie*, où elles reçoivent toutes les chaudes néceſſaires pour les étirer ſous le gros marteau, & leur faire prendre la forme & les dimenſions convenables.

Je ne m'arrêterai pas à agiter la queſtion de ſavoir ſi cette

méthode eſt préférable à celle de la Bourgogne, où l'on travaille en renardières, dans leſquelles on perfectionne le fer ſans le ſecours de la chaufferie; je dirai ſeulement aujourd'hui que, par ce travail en renardières, l'on économiſe un peu de charbon; que l'on a voulu introduire cet uſage dans les Forges du Berry, mais qu'il n'a pas été ſuivi: le Maître de Forge qui en a fait l'eſſai, prétendant qu'il ne faiſoit pas autant de fer, qu'en ſe ſervant d'une chaufferie; ceci eſt une affaire de ſpéculation de la part des Maîtres de Forge, qui font leurs calculs ſuivant la cherté des bois; car, dans les endroits où il ſera à bon marché, comme aux Forges d'Ardantes en Berry, on négligera toujours de chercher les moyens de les économiſer, pour ne s'attacher uniquement qu'à faire beaucoup de fer, ſans même s'embarraſſer de la qualité, ainſi que je l'ai dit ci-deſſus.

L'on ſent aſſez les inconvéniens de cette pratique, ſans que je m'arrête à les détailler, il me ſuffira de dire, que l'on devroit être plus attentif à faire uſage des moyens les plus convenables pour l'économie des bois, qui ne deviennent que trop rares; je n'en connois pas de meilleurs, pour y parvenir, que de ſuivre la méthode des Forges Catalanes.

L'on ne ſe ſert que de marteaux de fonte à la Forge des Salles, ils caſſent fréquemment; c'eſt pourquoi on a ſoin, à chaque fondage, d'en mouler une bonne proviſion, afin de n'être pas dans le cas d'en manquer, ils pèſent huit cens livres. Marteaux.

Outre les uſines dont il eſt ci-devant queſtion, cette Forge a encore une refenderie, où la plus grande partie du fer eſt réduite en verges de différentes dimenſions, pour en faire des clous. Cette fenderie reçoit l'eau du même étang qui ſert au grand fourneau avec la même chûte de dix-huit pieds; elle eſt, en général, mal conſtruite, les lanternes dans leſquelles engrainent les rouets, ont dix-huit pouces dans œuvre, ce qui eſt beaucoup trop, & ce qui occaſionne la rupture des fu- Fenderie.

ſeaux; les roues qui devroient être à augets, la chûte de l'eau étant aſſez conſidérable pour les faire aller en-deſſus, ſont à aubes ou palettes, ce qui leur fait dépenſer le double d'eau, & en général elles ſont mal conſtruites.

Les Roues.

Le Four à reverbère, ſervant à chauffer le fer, pour être paſſé à la fenderie, eſt aſſez bien entendu. Le Maître de cette Forge m'a dit, que ce déchet du fer, dans l'opération de la fenderie, eſt de ſoixante livres par millier, ce qui fait ſix pour cent, que les écailles qui en réſultent, ſont rejetées comme de nulle valeur.

Le Four de Reverbère.

Déchet du Fer.

Il y a quatre roues à la Forge; ſavoir, deux pour faire mouvoir les ſoufflets des deux affineries, la troiſième pour la chaufferie, & la quatrième eſt celle du marteau; toutes ces roues ſont à augets & paſſablement conſtruites, elles tournent en-deſſus avec une chûte d'eau de quinze pieds; la même qui a ſervi au grand fourneau & à la fenderie, ſe rend dans un étang au-deſſous & ſert aux quatre tournans de la Forge, dont nous venons de parler.

En outre les deux étangs du fourneau & de la Forge, il y en a un troiſième au-deſſus & à un quart de lieue, qui eſt le plus conſidérable, il a vingt à vingt-cinq arpens de ſurface, un petit ruiſſeau fournit l'eau à ces étangs, qui ſe rempliſſent en hiver; mais cette Forge manque d'eau pendant quatre à cinq mois de l'été; c'eſt pourquoi elle ne peut fabriquer qu'environ quatre cens milliers de fer marchand par année.

Quantité de Fer par année.

Comme tout le fer, qui ſe fabrique dans cette Forge, eſt très-caſſant à froid, on en convertit la majeure partie en verges à la fenderie, qui, comme je l'ai déjà dit, eſt deſtiné à être mis en clous; il eſt envoyé à Vannes & embarqué pour Bordeaux & autres Ports.

Qualité du Fer.

M. le *Duc de Rohan*, propriétaire de cette Forge, fournit, ſuivant ce que m'en a dit le Directeur, deux cens arpens de

bois taillis par année à ſon Fermier, à raiſon de ſoixante livres par arpent, ce qui fait douze mille livres; le Fermier ne retire qu'environ cinq milles cordes de ces deux cens arpens, parce que les taillis ne ſont pas bien fournis, & qu'on les lui livre, tant plain que vide; ce qui fait revenir la corde à environ deux livres huit ſols, les fagots payant à-peu-près la façon des cordes.

Lorſque les bois provenans des deux cens arpens cédés par le bail, pour chaque année, ne ſont pas ſuffiſans, le Fermier s'en procure des particuliers. Le Directeur m'a aſſuré, qu'alors la corde lui revient de cinquante ſols à trois livres, elle eſt de huit pieds de long & quatre de haut, la longueur des buches de deux pieds & demi.

Le Seigneur fournit *gratis* quatre-vingt hêtres par chaque année, pour les manches de marteau. Le Fermier eſt reſponſable des incendies, tant pour la Forge que pour les forêts où il fait travailler.

Manche de Marteau.

Si je ne ſuis pas entré dans des détails plus étendus ſur les fourneaux, les uſines & la fabrication du fer, c'eſt qu'il n'y a rien qui mérite d'être décrit, la façon de travailler étant exactement la même que celle qui eſt en uſage dans le Berry, le harnois du marteau y étant également à grand drome.

Forges de la Noüée.

Ces Forges ſont ſituées à cinq lieues de Pontivy & à quatre de Lominé, elles ſont bâties ſur les Domaines de M. le *Duc de Rohan*, qui a cédé l'emplacement à une Compagnie qui a fait conſtruire ces Forges il y a dix-neuf ans; cette Forge a coûté, ſuivant le Directeur, homme fort inſtruit, trois cens vingt-cinq milles livres, ce qui eſt très-probable, non par la beauté ni la ſolidité des maiſons, machines, &c. mais 1.° à cauſe des grands bâtimens qui ont été conſtruits pour ſervir d'attelier à mouler, forer & tourner les canons que l'on comp-

toit y faire, & qui, n'ayant pas réuſſi, ainſi que nous le dirons plus bas, ſont devenus preſque inutiles; 2.° par rapport au canal qui amène l'eau ſur les roues, il a 1800 toiſes de longueur & trente pieds de largeur réduite; il a été fait de niveau, afin de ne pas perdre de chûte, il reçoit l'eau de la rivière de Lié, qui, rendue ſur les tournans, a dix-huit pieds de chûte; elle manque très-rarement. La conſtruction de ce canal, ainſi que de la chauſſée qui force l'eau de la rivière à y entrer, ont été dirigés par M. *Laurent*, moyennant la ſomme de 72,000 livres.

La Compagnie a fait un traité avec M. le *Duc de Rohan*, qui porte qu'elle jouira de cette Forge pendant vingt-ſix années conſécutives. Ce Seigneur s'eſt obligé de fournir de ſes forêts, qui ſont à portée de la Forge, huit milles cordes de bois par an, pour leſquelles la Compagnie donne une ſomme convenue; ſi elle a beſoin, dans certaines années, de 4,000 cordes de plus, le Seigneur s'eſt engagé de les fournir à cinquante ſols la corde; mais ce n'eſt que dans le cas où les Fermiers ne trouvent pas à s'en procurer à meilleur marché dans les environs; car ils ſont les maîtres de ne prendre que les huit mille cordes qui ſont d'obligation, & ils achetent le ſurplus des particuliers. Je tiens tout ceci du Directeur de la Forge.

Grands Fourneaux.

Cette Forge a, pour fondre les minerais, deux grands fourneaux qui, alternativement, ſont en feu, auſſi-tôt que l'un eſt arrêté, l'autre, qui y eſt attenant, eſt mis en feu, au moyen de quoi il y a rarement de l'interruption. Ces fourneaux ſont conſtruits comme celui des Salles, mais les pierres n'étant pas auſſi belles à la Nouée, ils n'ont pas la même ſolidité, ils ſont léſardés en pluſieurs endroits: il y a deux grands ſoufflets de bois à chacun de ces fourneaux qui ſont mûs par deux roues de ſeize pieds de diamètre & trois de large, elles ſont à augets & reçoivent l'eau pardeſſus, au moyen de la chûte dont il a déjà été queſtion.

Les minerais que l'on emploie dans cette Forge, ſe tirent communément de deux à trois lieues des Forges, ils ſe paient ſept livres la pippe; ſavoir, trois livres dix ſols pour l'extraction & autant pour le tranſport. Il n'y a pas plus d'ordre ici pour l'extraction des minerais, qu'aux Forges des Salles, il n'y paroît pas de filons réglés. Lorſque les payſans, qui travaillent ou font les fouilles de ces minerais, n'en trouvent plus aſſez abondamment dans un endroit, ou qu'ils ont rencontré de l'eau, ils l'abandonnent pour fouiller ailleurs; quand ils ſont parvenus à une dixaine de pieds de profondeur, ils placent un treuil fort mal fait ſur l'embouchure de leur trou, ils y mettent une corde & un panier au bout pour monter la mine; lorſqu'ils en ont une certaine quantité de ſortie, ils la lavent eux-mêmes dans un petit courant d'eau le plus à portée, & elle eſt enſuite conduite à la Forge: ce lavage eſt pour lui enlever la partie terreuſe & argilleuſe dans laquelle elle ſe trouve. Minerais.

Toutes les eſpèces de mines, qui s'emploient dans cette Forge, ſont ainſi que celles des Salles, limonneuſes, il s'en trouve aſſez fréquemment en Géodes & quelquefois avec des empreintes de coquillages de mer. Comme ces minerais ſe tirent de différens endroits, que les uns ſont plus riches en fonte que les autres, qu'ils ſont plus ou moins réfractaires, on les mêle en les jetant dans le fourneau.

Le Directeur de cette Forge m'a dit avoir fait charger le fourneau avec les minerais les plus riches, qui ſont en pierres aſſez compactes, ſans les mêler avec d'autres plus pauvres & plus légères, que la fonte qui eſt provenue de ces mines riches s'eſt trouvée de la plus mauvaiſe qualité, & qu'il n'étoit pas poſſible d'en faire du fer qui pût paſſer dans le commerce, on a donc ſoin de faire fondre les mines riches en fer avec les plus terreuſes.

Si l'on n'a pas réuſſi à obtenir de bonne fonte des minerais

riches fondus ſéparément, je ſuis très-perſuadé que c'eſt parce que l'on en a porté autant à chaque charge que des pauvres, & que l'on n'y a pas plus ajouté de caſtine; alors il eſt arrivé que ce minerai, ainſi que la caſtine, n'ont pas aſſez fourni de laitiers, que par-là le fer s'eſt trouvé trop expoſé à l'action du vent & de la grande chaleur en paſſant vis-à-vis la tuyere & même étant rendu dans le creuſet, c'eſt ce qui a dû détruire une partie du métal, qui, à coup-ſûr, s'eſt converti en une eſpèce de mâche-fer très-tenace & non coulant, & a embarraſſé le fourneau; car on ſait que le contact de l'air détruit ou plutôt enlève très-promptement le phlogiſtique au fer; dans cette circonſtance, l'on ne peut obtenir que de la fonte blanche & fragile ou très-noire & à grandes écailles, le fer forgé qui réſulte de ces deux eſpèces de fonte, ne peut pas manquer d'être d'une très-mauvaiſe qualité.

Les inconvéniens ci-deſſus ne ſeroient pas arrivés, ſi on eût moins chargé le fourneau de la mine riche dont il eſt queſtion, & que l'on y eût ajouté plus de caſtine ſans diminuer la quantité de charbon, & je ſuis perſuadé qu'alors on ſeroit parvenu à faire de bien meilleure fonte.

Quoique l'on mêle les minerais pauvres avec les riches, le fer qui en provient n'eſt pas nerveux, il n'eſt néanmoins pas auſſi caſſant que celui de la Forge des Salles; ſa défectuoſité lui vient auſſi de ce que la fonte n'eſt pas bien digérée ni purifiée au fourneau de fuſion, parce que l'on charge trop de mine relativement à la quantité de charbon, ainſi que je l'ai dit en traitant de la Forge des Salles; mais, je le répète, l'inconvénient eſt, que l'on feroit moins de fer, qu'il coûteroit beaucoup plus au Fermier, qui ne le vendroit pas à proportion de cette augmentation de dépenſe.

Caſtine. L'on emploie auſſi, en cette Forge, des coquilles d'huîtres pour caſtine, mais on y mêle une terre calcaire, qui eſt rem-

plie

plie de petits coquillages & de fragmens de coquilles de mer; cette terre ſe tire de quelques lieues de la Forge.

Les deux fourneaux mis alternativement en feu, produiſent chaque année environ quinze cens milliers de fonte, deſquels il s'en moule trois cens milliers en bombes & boulets pour Breſt, les douze cens milliers reſtant de fonte en gueuſes, ſont convertis en fer à deux affineries & une chaufferie, & rendent environ huit cens milliers de fer fabriqué; on compte ici un tiers de déchet ſur la fonte, pour ſa converſion en fer marchand. Quantité de Fonte par an.

Environ les deux tiers de ce fer eſt paſſé aux cylindres & taillans de la fenderie, pour en faire de la verge de différentes groſſeurs, l'autre tiers eſt mis en fer marchand, ſuivant les échantillons demandés & vendu dans la Province, celui de fenderie eſt preſque tout envoyé à Vannes où il eſt embarqué pour Bordeaux; tous ces fers ſe vendent actuellement dix-ſept à dix-huit livres le quintal, quoiqu'ils ne ſoient pas d'une bonne qualité, mais ils ſervent aux Cloutiers, & à des ouvrages qui n'exigent pas un fer de la première qualité.

La grande quantité du fer de fenderie, qui ſe fait en cette Forge, permet d'y fabriquer juſqu'à un million de fer par an avec deux ſeules affineries & une chaufferie; car, pour la fenderie, on fait de groſſes loupes que l'on réduit chacune en une ſeule barre, dont les dimenſions ſont très-fortes; après quoi la fenderie les réduit aux groſſeurs requiſes, ce qui accélère beaucoup le travail de la Forge, mais ce qui, en même-tems, contribue à la défectuoſité du fer, quoiqu'il s'adouciſſe un peu au fourneau de Reverbère, & que ſes parties ſoient de nouveau rapprochées & alongées par les cylindres.

Outre les douze cens milliers de fonte ci-deſſus, que l'on convertit en fer dans cette Forge, on y réduit auſſi une aſſez

grande quantité de vieux canons de fer, que la Compagnie achete de la Marine, & qui, ſans les couler en gueuſes, ſont mis en loupes dès la première opération : ce fer marchand qui en provient, eſt très-bon & nerveux, ſans doute que ces canons viennent des Forges de l'Angoumois & du Périgord où l'on en coule depuis long-tems d'une fonte d'excellente qualité.

Les deux affineries & la chaufferie ſont conſtruites comme celles de la Forge des Salles, c'eſt-à-dire, à la manière du Berry ; comme ces fourneaux n'ont rien de particulier, je n'en ferai pas la deſcription. Un ſeul gros marteau de fonte, peſant environ un millier & à grand drome, forge tout le fer que ces fourneaux peuvent préparer ; il y a auſſi une refenderie. Toutes les Forges de la Bretagne ſe copient, pour la méthode de travailler le fer, ainſi que celles du Perche & de la Normandie.

L'air des Forges de la Nouée eſt pernicieux, tous les Ouvriers y ſont attaqués de fièvres, ſur-tout au printems & en automne.

Eſſais faits pour parvenir à faire des Canons.

M. *MARITZ* avoit été envoyé à la Nouée, lors de la conſtruction de la Forge, pour voir s'il ne ſeroit pas poſſible d'y faire des canons pour la Marine du Roi ; après avoir examiné les différens minerais, il décida qu'ils étoient très-bons à cet uſage ; en conſéquence, on fit conſtruire des bâtimens aſſez conſidérables, une forerie, & tout ce qui eſt néceſſaire à ce genre de travail, l'on fit venir des mouleurs & autres ouvriers à grands frais. On coula d'abord quelques petits canons, qui ne réuſſirent pas bien, on en fit d'autres plus gros qui ne ſe trouvèrent pas meilleurs, parce que la fonte étoit toujours trop dure pour pouvoir la tourner & la forer. Le Directeur de la Forge fit charger le fourneau avec d'autres minerais moins riches en fer que les premiers que l'on avoit employés ;

alors on obtint des canons d'une fonte beaucoup plus douce, ce qui devoit naturellement arriver, par les raiſons ci-devant déduites; il ſe moula alors pluſieurs canons, qui, ayant été mis à leur perfection, furent envoyés à Breſt, où l'épreuve s'en fit, les trois quarts éclatèrent, ayant quelques parties de fonte blanche. Les Entrepreneurs ſe trouvèrent rebutés, ils abandonnèrent l'entrepriſe des canons avec toutes les avances qu'ils avoient faites pour cet objet; depuis ce tems, ils ſe ſont bornés à faire des bombes, des boulets & autres petites mouleries, & à la fabrication du fer marchand.

Manière d'éviter les défauts dans les Boulets.

En examinant les boulets que l'on coule à cette Forge, je m'apperçus qu'il y en avoit beaucoup de manqués par le jet, c'eſt à-dire, qu'il ſe trouve fréquemment un trou à l'endroit de la coulée, j'imaginai que cela ne pouvoit provenir que de ce que le jet étant beaucoup plus petit que le boulet, & recevant le contact de l'air, étoit refroidi, tandis que la fonte contenue dans la coquille étoit encore en fuſion & dans ſon plus grand degré de raréfaction, qu'en refroidiſſant la fonte perd un peu de ſon volume, diminution qui ne peut avoir lieu, ſans laiſſer un vide vers la partie ſupérieure qui eſt contiguë au jet, lequel étant déjà coagulé, ne peut plus fournir de matières pour remplir le vide que la fonte laiſſe en ſe condenſant, d'où néceſſairement il arrive qu'en caſſant le jet, il reſte un trou dans cette partie du boulet: pour éviter cet inconvénient qui les fait rebuter, j'ai conſeillé de renverſer les coquilles auſſi-tôt que le jet eſt coagulé; alors s'il y avoit déjà un défaut de matières près le jet, cet eſpace ſe trouve rempli par celle qui eſt contenue dans la coquille & qui eſt encore en fuſion, s'il reſte alors un vide dans le boulet, il doit ſe trouver vers ſon centre, ce qui ne peut pas lui être préjudiciable.

Difficulté pour faire des bons Canons.

Il ſeroit difficile de faire conſtamment de bons canons à la Forge de la Nouée, par rapport à la variation des minerais, qui changent fréquemment de richeſſe & de qualité; l'on a eſſayé toutes les mines ſéparément & même mêlées dans dif-

férentes proportions, pour voir s'il en ſortiroit de meilleurs canons; mais il ne s'en eſt pas trouvé de parfaitement bons, ainſi que je l'ai déjà dit; car, dans le même canon, il y avoit des parties de fonte blanche, quoique tout le reſte fût de fonte griſe & douce: peut-être ſeroit-on parvenu à leur donner un certain degré de ténacité & de perfection, ſi celui qui étoit envoyé par M. *Maritz*, pour ſuivre ces opérations, n'avoit pas autant fait charger de mine dans le fourneau, relativement à la quantité de charbons de chaque charge, & que ces charges euſſent été plus petites & plus ſouvent répétées; mais, ſuivant notre théorie, à chaque changement de minerai, il auroit fallu faire de nouvelles expériences, qui ſont toujours fort coûteuſes en ce genre de travail.

Fonte Blanche pernicieuſe dans un Canon.

Il ne faut que très-peu de fonte blanche dans un canon, pour le rendre défectueux; c'eſt pourquoi il eſt de la plus grande conſéquence que la fonte ſoit, non-ſeulement griſe, mais d'un grain égal & ſerré; tout canon qui n'a pas ces qualités, n'eſt pas bon, s'il a des parties de fonte blanche, le foret n'y pénètre qu'avec peine, ces parties, au-lieu de ſe couper avec la langue de carpe, s'égrainent & laiſſent des chambres, les forets ſe trouvent auſſi-tôt gâtés & hors d'état d'aller en avant, il les faut remplacer par d'autres, ce qui occaſionne une perte de tems, & eſt ruineux pour l'Entrepreneur, qui ſouvent même ſe trouve obligé d'abandonner un canon aux trois quarts de ſa perfection, ne pouvant plus le forer ni le tourner pour en polir l'extérieur; premier inconvénient. Si, indépendamment de quelques parties de fonte blanche, l'on eſt parvenu à finir le canon, il eſt ſoumis à l'épreuve dans les Ports du Roi; s'il n'éclate pas à la première charge, il ſautera néceſſairement dans la ſuite; car il n'eſt pas poſſible que la fonte blanche réſiſte long-tems aux battemens du boulet, qui en détache toujours de petites parties & qui diſpoſe les autres à s'éclater; d'un autre côté, l'effort de la poudre & particulièrement la chaleur qu'elle communique au canon, lorſqu'il a tiré pluſieurs coups de ſuite, en dilate la matière juſqu'à un

Cauſes de la rupture des Canons.

certain point; &, comme la dilatation de la fonte blanche ne ſe fait pas en même proportion que celle de la griſe, il en réſulte une contraction plus forte dans des parties que dans les autres, ce qui a bientôt opéré la rupture entière du canon; autre inconvénient.

Ce petit expoſé fait ſuffiſamment voir que, pour faire de bons canons, il eſt néeeſſaire que la fonte ſoit griſe, tenace & égale dans toutes ſes parties, ce qui eſt d'autant plus difficile, qu'il faut, comme on l'a déjà dit, que les minerais ſoient conſtamment de la même qualité & richeſſe ou teneur en fer, à quoi j'ajouterai qu'il eſt auſſi indiſpenſable que les charbons dont on ſe ſert dans l'opération de la fonte, ſoient non-ſeulement de la même qualité de bois, mais qu'ils ſoient également bien faits, c'eſt-à-dire, qu'ils n'aient pas été trop preſſés par les Charbonniers; tous les Maîtres de Forge ſavent que le même bois donne des charbons de différentes qualités, ſuivant le plus ou le moins d'attention des Charbonniers, ſoit dans le dreſſage de leurs fourneaux, ſoit dans la conduite du feu, &c. la nature du terrain y met auſſi de la différence: une choſe encore à conſidérer, c'eſt le tems qu'il y a que les charbons ſont faits, ſi, au commencement d'un fondage, l'on a employé de vieux charbons & qu'enſuite on en prenne de nouveaux faits, il en réſultera un changement dans la qualité de la fonte, qui deviendra blanche & caſſante, ſi l'on ne diminue pas la quantité de mine. Les différentes groſſeurs des charbons contribuent auſſi à faire changer la fonte; car quoique ordinairement on réſerve les plus gros pour fondre, ils ne ſont pas conſtamment de la même groſſeur, ſi l'on fait pluſieurs charges avec des charbons très-gros, & les ſuivantes avec de plus petites; il arrive que le minerai tamiſe ou paſſe en grande partie entre les grands charbons & ſe rend plus vîte qu'il ne faut à la hauteur des étalages du fourneau & même juſques vis-à-vis la tuyere, où il forme un trop gros volume à-la-fois, relativement à la quantité de charbons qui l'environne dans cette partie, d'où néceſſairement il arrive de l'em-

barras dans l'ouvrage, & la fonte, qui n'eſt ni bien digérée ni aſſez chargée de phlogiſtique, ſe trouve être blanche.

Pour éviter cet inconvénient, il faudroit, à l'imitation de M. le *Comte de Buffon*, que ces gueulards ou beugnes des fourneaux, fuſſent conſtruits en rond & de manière que les chargeurs puſſent en faire le tour & charger également, & qu'avant de porter la mine & la caſtine ſur les charbons que les chargeurs les arrangeaſſent bien en les battant avec une pelle, en caſſant ceux qui ſeroient trop gros, enfin que l'on rendît la ſurface de la charge des charbons bien unie; de cette manière les minerais, même en petits grains, comme ceux de la Bourgogne, ne couleroient pas trop vîte entre les charbons.

Charbons mouillés.

Si, après avoir employé des charbons ſecs & qui n'ont pas mouillé, on en porte au fourneau qui ont été expoſés à la pluie, il en pourra auſſi arriver un changement dans la fonte; il eſt beaucoup d'autres inconvéniens provenant de la négligence des fondeurs & des chargeurs, de la conſtruction des fourneaux, de la poſition de la tuyere, de la direction du vent, & autres qu'il ſeroit trop long de détailler ici, cette matière ayant d'ailleurs été traitée dans l'Art. des Forges, donné par l'Académie.

L'on voit, par ce détail, qu'il faut un homme éclairé dans cette partie, & beaucoup d'attention de ſa part, pour éviter tous les inconvéniens ci-deſſus, qui peuvent cauſer un grand préjudice, ſoit à l'Entrepreneur, ſoit dans le ſervice de la Marine par la rupture des canons.

Corps étrangers pernicieux dans les Canons.

J'ai toujours penſé que les canons de fer éclatent, pour la majeure partie, à cauſe de l'inégalité de la fonte, & parce qu'en les coulant dans les moules, il paſſe avec le fer en fuſion des corps étrangers, tels quelques parties de laitier, de charbons & même de mine qui n'eſt pas parfaitement fondue, ni par conſéquent aſſez purifiée, pour faire un corps

homogène avec la fonte qui a tout le phlogiſtique qui lui convient.

Ces corps étrangers, entrant dans le moule, occupent un volume égal à la fonte qui en auroit pris la place, ſi ces parties ſe trouvoient vers le centre du canon, le mal ne ſeroit pas grand, puiſque le foret les enlèveroit; mais, comme leur poids ſpécifique eſt moindre que celui de la fonte, elles ſe rangent dans les bords, c'eſt-à-dire, que le plus ſouvent elles ſe trouvent dans l'épaiſſeur du canon, après qu'il a été foré; il y a donc une interruption des bonnes parties de la fonte, par l'interpoſition des mauvaiſes, qui néceſſairement lui ôtent beaucoup de ſa ſolidité, ſoit qu'elles ſe trouvent dans les parois intérieures du canon, auquel cas elles y occaſionnent certainement des chambres par les battemens du boulet & par la chaleur que la poudre produit, ſoit qu'elles ſe trouvent plus avant dans l'épaiſſeur du canon; car, dans ce cas, il y a pareillement diſcontinuité du bon fer tenace, &c.

Projet pour couler les Canons.

J'ai imaginé un moyen, qui, à la vérité, n'eſt pas ſans difficultés, mais qui, étant bien exécuté, pourroit réuſſir. Je le ſoumets au jugement de l'Académie; les inconvéniens qui réſultent de la méthode ordinaire, m'ont inſpiré le deſir d'en trouver une qui puiſſe les parer: la voici.

Premièrement, faire de la fonte de gueuſe auſſi pure qu'il eſt poſſible de l'obtenir par le procédé ordinaire, de la couler en petits lingots ou plaques, que l'on caſſeroit en morceaux.

Secondement, de fondre le fer ci-deſſus dans de grands fourneaux de Reverbère * en quantité ſuffiſante pour le canon qu'on voudroit mouler.

En procédant ainſi, la fonte deviendroit non-ſeulement égale dans toutes ſes parties, mais les laitiers & matières hété-

* Les Anglois coulent communément de cette manière les Cylindres des Machines à feu, qui ſont d'un très-bon fer. *Voyez* Mémoires de M. *Jars*.

rogènes, comme plus légères, prendroient le deſſus du bain & on les enlèveroit, ainſi que cela ſe fait en raffinant le cuivre dans les grands fourneaux de Reverbère, & lorſque la fonte ſeroit en parfaite fuſion & bien écumée, on la feroit couler dans les moules préparés à cet effet.

Je crois que, par ce procédé, on parviendroit à obtenir de la fonte de fer parfaitement pure & égale; mais reſte à ſavoir ſi elle ne ſeroit pas trop dure pour pouvoir aiſément ſe forer & être paſſée au tour; car je ſuis moralement aſſuré qu'elle ſeroit plus dure que de la fonte griſe de la première opération; mais tout me porte à croire qu'elle auroit beaucoup plus de ſolidité : en cas qu'il ne fût pas poſſible de la forer, il faudroit faire des moules à noyau, dont les canons ſortiroient, pour ainſi dire, parfaits, &, ſuivant M. *de Buffon*, ils n'en ſeroient que meilleurs; je penſe comme ce célèbre Académicien, qu'en tournant les canons, on leur enlève une croûte qui eſt la partie la plus tenace.

Un noyau aſſez parfaitement fait pour n'être pas obligé de paſſer le foret dans le canon, mettroit auſſi dans le cas de laiſſer ſubſiſter la croûte intérieure, qui ſeroit beaucoup moins ſujette à ſe chambrer, & je crois même à ſe rouiller, que dans les canons forés; ſi, d'un côté, en ſuivant ce que je propoſe ici, il en coûtoit plus à cauſe de la double opération de la fonte, de l'autre, on pourroit épargner celle du forage & du tour, &, à ce que je penſe, ces dépenſes peuvent ſe balancer.

OBSERVATION

OBSERVATION DE LA CRYSTALLISATION DU FER.

Par M. DE MORVEAU.

Préſentée en 1775.

LA FUSION des métaux eſt une véritable diſſolution par le feu le plus puiſſant des menſtrues, la ſolidité qu'ils acquièrent par le refroidiſſement, eſt une vraie cryſtalliſation qui s'opère par l'évaporation de la partie ſurabondante du diſſolvant, & en s'appropriant, par la puiſſance de l'affinité, la partie de ce même fluide néceſſaire à l'état de concrétion: ces vérités, dont j'ai eſſayé de montrer, en peu de mots, tous les rapports, en diſant que le feu eſt exactement aux métaux, ce que l'eau eſt aux ſels (1), n'ont échappé ſi long-tems à nos recherches, que parce que le travail de la fuſion étoit abandonné à des gens que le beſoin de jouir animoit plus que le beſoin de ſavoir, le haſard leur en auroit offert les preuves, qu'ils auroient négligé de les reconnoître, faute d'en prévoir l'importance: l'obſervation eſt la ſource de la bonne phyſique; mais c'eſt l'analogie qui forme l'Obſervateur & qui le tient attentif aux phénomènes qui échapent au vulgaire; d'ailleurs les produits de la fuſion ſubordonnés à mille accidens indifférens à l'objet de ceux qui en étoient occupés, ne préſentoient pas cette conſtance de forme, cette régularité qui ſuppoſe une mécanique ſecrète, qui indique une ſorte de progrès géométrique dans la compoſition de ces ſolides, qui nous ſervira peut-être un jour de microſcope pour appercevoir les figures de leurs élé-

(1) Digreſſions Académiques; *pages* 170 & 374.

mens, & qui déjà ne permettent plus de douter que c'eſt réellement à cette figure qu'ils doivent ce que nous appellons leurs propriétés.

On connoît depuis long-tems le culot étoilé d'antimoine, dont l'apparition ne ſervit d'abord qu'à bercer les eſpérances des adeptes; MM. *Macquer & Baume* ont obſervé la cryſtalliſation de l'argent & du cuivre; mais, lorſque j'ai entrepris le travail dont je vais rendre compte, je ne connoiſſois aucun Auteur qui eût parlé de celle du fer, j'ai, depuis, retrouvé deux paſſages où il en eſt fait mention; le premier, qui fait partie des obſervations recueillies par *Suedembourg* (1), annonce ſimplement, ſur le témoignage de *Zanichellus*, que le fer fondu & refroidi, montre de petites particules pyramidales à quatre côtés: l'autre eſt de M. l'*Abbé Monnet*, qui, dans une Diſſertation ſur les Volcans d'Auvergne, place le fer au nombre des métaux, qui, comme l'argent & l'antimoine, prennent, en ſe refroidiſſant, une forme particulière (1). On me pardonnera, ſans doute, d'avoir penſé qu'ils ne rempliſſoient pas, à beaucoup près, tout ce que la curioſité de notre ſiècle a droit d'attendre de l'examen d'un pareil ſujet.

Voulant eſſayer, au mois d'Avril dernier, la converſion du fer en acier, par le cement de pouſſière de charbon, dans le fourneau de M. *Macquer*, les ſupports du creuſet coulèrent en moins de trois heures, le creuſet fut renverſé ſur la grille preſque entièrement vide; je cherchai envain le lingot de fer, je ne trouvai que des ſcories; il étoit naturel de penſer qu'il s'étoit plutôt calciné que fondu; cependant la peſanteur de l'une de ces ſcories me fit ſoupçonner qu'elle pouvoit contenir quelques parties métalliques, je la fis chauffer pour l'eſſayer enſuite ſous le marteau; les premiers coups en déta-

(1) Suedembourg, Obſervations ſur le Fer, *page* 182.

(2) Journal de Phyſique, mois de Juillet 1774.

chèrent bientôt toute l'enveloppe vitreuſe, & je vis déjà avec étonnement ſe former un petit barreau de la longueur d'environ trois pouces ſur la largeur de ſix à ſept lignes de chaque face ; je compris alors que le fer s'étoit réellement fondu dans cette opération, mais j'étois bien éloigné d'imaginer qu'il y eût eu tout-à-la-fois fuſion & converſion, ſur-tout dans auſſi peu de tems, & le fer ayant ainſi été expoſé au feu nud : cependant, ayant fait tremper ce barreau, il préſenta, dans ſa caſſure, le plus beau grain d'acier que j'euſſe jamais apperçu.

Cette Expérience avoit été faite à Montbard, chez M. le *Comte de Buffon ;* &, ſur ce que je lui témoignai que j'avois le deſſein de la répéter, & de ramener à un procédé ſûr ce que le haſard ſeul avoit produit cette fois, il me remit pluſieurs morceaux d'acier bourſoufflé, comme étant plus diſpoſé à ſe pénétrer de feu & à entrer en fuſion; on appelle acier bourſoufflé, les barres de fer qui ſortent du fourneau de cementation, parce qu'en effet leur ſurface eſt remplie de ſoufflures plus ou moins conſidérables ; on ſait encore que, dans cet état, les barres ne peuvent plus ſe forger à froid, qu'elles ſe caſſent aiſément, & que le grain de leur caſſure ne reſſemble ni à celui du fer, ni à celui de l'acier, ni même à celui de la fonte ordinaire; &, après avoir bien examiné toutes ces circonſtances, je crois pouvoir dire qu'il n'y a rien de moins fondé que l'opinion où l'on a été long-tems, que l'acier de fonte étoit néceſſairement plus parfait que l'acier de cementation, parce que le dernier ne pouvoit être purgé des parties hétérogènes qu'il contenoit : je ſuis très-perſuadé que dans cette opération, le fer eſt amené à un point de fuſion ſuffiſant, pour que l'attraction qu'éprouvent les parties ſimilaires pouſſe au-dehors tout ce qui leur eſt étranger ; il n'eſt pas même beſoin de ſuppoſer que le cement ſert de moule pour conſerver aux barres cementées leur première forme, il ſuffit de ſe rappeller ce qui ſe paſſe dans la liquation, pour être convaincu qu'un métal ramolli par le feu peut laiſſer échap-

per ſon alliage ſans arriver à l'état de fluidité. Cette théorie, que je ne fais qu'indiquer ici en paſſant, mériteroit, ſans doute, d'être développée; mais elle m'écarteroit trop de mon ſujet.

Le 23 Avril, je mis dans un creuſet de plombnoir un morceau de cet acier bourſoufflé, du poids exact de 9 gros 64 grains; j'imaginai d'en tenter la fuſion ſans autre fondant que cette eſpèce de laitier de fourneau qui eſt blanc, très-léger, comme écumeux, & qui, après avoir reçu l'humidité de l'haleine, fait entendre un craquement dans toutes les parties de ſa ſurface; il y eut fuſion parfaite en deux heures & demie de tems, au fourneau de M. *Macquer*, le culot bien arrondi peſoit 10 gros, 2 grains, ce qui faiſoit une augmentation de 10 grains, que j'attribuai ſans héſiter aux parties de fer que contenoit le laitier & qui s'étoient réunis au culot; toute la ſurface de ce culot étoit couverte de lignes entrecoupées régulièrement comme une hachure, &, formant un relief très-ſenſible, à la réſerve d'un ſeul endroit de la ſurface ſupérieure que l'air avoit frappé, parce que le flux n'étoit pas aſſez abondant & qui avoit un coup-d'œil de fer brûlé.

Je compris bien dès lors, que ces protubérances n'étoient pas un pur effet du haſard; mais j'étois bien éloigné de penſer que je parviendrois à les produire à volonté avec toutes ſortes de terres ferrugineuſes dans tous les états, en employant des flux très-différens, & qu'elles ſerviroient ainſi à prouver contre l'opinion preſque générale d'identité du fer que contiennent les mines de ce métal.

Ce fut en travaillant à la recherche du procédé de M. *Bouchu*, pour l'eſſai de ces ſortes de mines, que j'eus occaſion de revoir le phénomène de cette cryſtalliſation, & il ſe montra ſi ſouvent, ſi conſtamment le même, que bientôt je ne

---

Voyez N.° 208.

fus plus ſurpris que de ce que M. *Bouchu* n'en avoit pas fait mention une ſeule fois dans ſes manuſcrits, où il avoit rendu compte de plus de 4000 eſſais de mines de fer, & où il avoit décrit avec exactitude juſqu'aux nuances des produits; cette circonſtance, qui n'auroit pu lui échapper, me parut établir la ſupériorité de mon procédé ſur le ſien, parce que s'il n'a point obſervé ce phénomène, c'eſt que ſa fonte n'étoit pas ſi parfaite, ou qu'il étoit peut-être obligé de frapper ſon creuſet pour favoriſer la réunion des parties de métal fondu: or, à s'en tenir même à cette dernière ſuppoſition, ſon flux n'avoit pas toutes les qualités convenables, puiſque le régule ne le traverſoit qu'à l'aide d'une percuſſion; il ne pouvoit rien conclure de ſes eſſais, dès qu'il n'étoit pas parvenu à donner toujours à ſes fondans un égal degré de fluidité & d'équipondérance, par la connoiſſance même de la nature des corps unis à la terre métallique; c'eſt ce que je crois avoir prouvé dans le Mémoire deſtiné à publier la méthode de ces eſſais, pour tenir lieu du ſecret que la veuve de M. *Bouchu* a refuſé de donner pour le prix qui lui en étoit offert par les Etats de Bourgogne.

Cependant je crus devoir ſuſpendre mes Expériences ſur les mines de fer, pour les diriger plus particulièrement ſur la cryſtalliſation de ce métal, & j'en fis des deux ſortes: *les unes*, pour m'aſſurer ſi la nature du flux environnant, n'avoit pas quelque part à ces produits: *les autres*, pour vérifier ſi je les obtiendrois toujours ſemblables en employant le fer & la terre ferrugineuſe dans tous les différens états poſſibles; & les réſultats ont été très-ſatisfaiſans.

1.° J'ai eu des culots cryſtalliſés de la même manière, en employant ſucceſſivement pour fondant le ſel de tartre, le ſel marin, le ſel de Glauber, le borax, le ſel neutre arſenical, tous ces ſels mêlés d'un peu de verre & de pouſſière de charbon; enfin le pur laitier blanc ſpongieux de fourneau de fer, qui eſt, comme

l'on fait, la partie la plus légère du verre, qui se forme avec l'argille & la terre calcaire.

2.° J'ai obtenu les mêmes culots avec la même cryſtalliſation, en traitant ſucceſſivement les mines de Peſme & de Juſſey, données comme les extrêmes des bonnes & mauvaiſes qualités, la pierre d'aimant, l'hématite, les grès ferrugineux, la chaux, les précipités de fer, le fer lui-même, enfin l'acier d'Allemagne & d'Angleterre.

Ainſi, cette opération devient, par-là, intéreſſante pour les Sciences & pour les Arts : pour les Sciences, par les rapports qu'elle préſente de la formation des régules métalliques avec les concrétions régulières des corps ſalins, & en ajoutant un fait à ceux qui nous ont déjà conduits ſur la route de la vraie théorie de leur compoſition : pour les Arts, en achevant de détruire le préjugé de la diverſité eſſentielle des eſpèces de fer contenues dans les différentes mines.

POST-SCRIPTUM.

L'Auteur a cru devoir joindre ici le deſſein de cette cryſtalliſation.

La *Fig. I.* la repréſente dans le culot d'acier fondu, peſant 10 gros, 2 grains; la partie ſupérieure où l'on n'apperçoit aucunes lignes, eſt celui qui a été frappé par l'air, n'étant pas recouverte par le flux.

La *Fig. II.* repréſente la cryſtalliſation du même culot vue à la loupe.

Tous les autres régules obtenus par la fonte du métal ou de ſes mines, ne préſentant aucune différence dans leurs cryſtalliſations, on a penſé qu'il ſuffiſoit d'en deſſiner une.

Fig. 5.

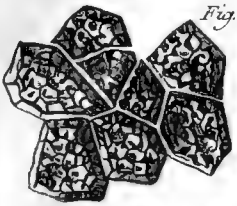


Fig. 3.

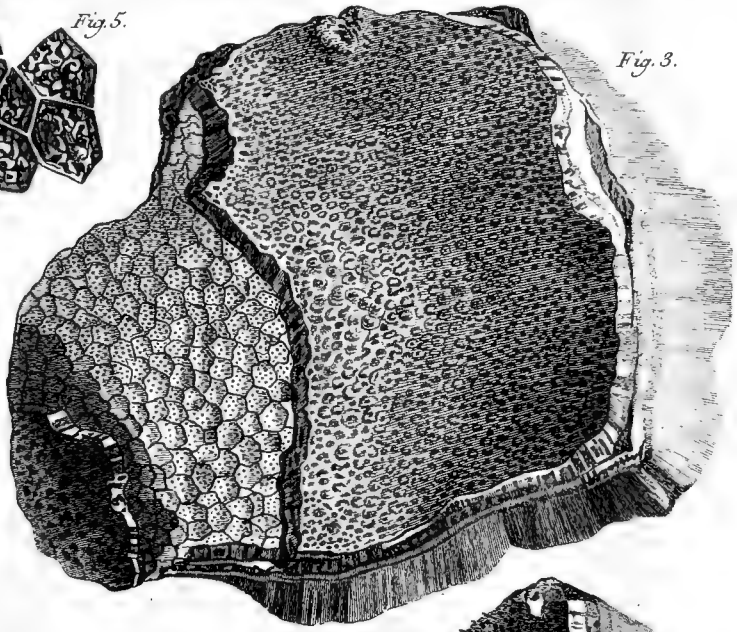


Fig. 4.

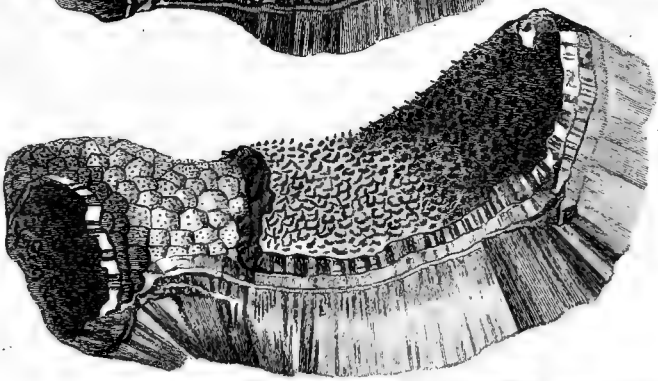


Fig. 1.

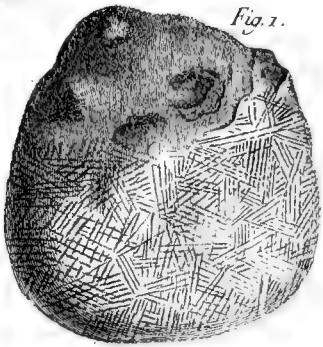
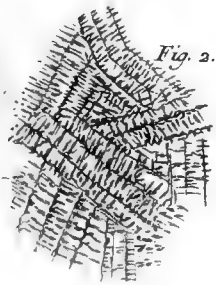


Fig. 2.



La *Fig. III.* repréſente une hématite d'un genre particulier; elle fait partie de la belle collection de Minéraux appartenans à M. *Beſſon*, qui a bien voulu la confier à l'Auteur pour la faire deſſiner. C'eſt une cryſtalliſation minérale ferrugineuſe, qui paroît avoir autant de rapports avec la cryſtalliſation de la *Fig. I.* qu'une métal minéraliſé peut en avoir avec ſon régule parfaitement pur.

Cette hématite dont la ſurface inférieure eſt polie, de couleur brune tirant au verdâtre, eſt compoſée de pluſieurs couches, celle du deſſous, de quatre à cinq lignes d'épaiſſeur, eſt faite en forme de rayons à-peu-près comme les pyrites.

On diſtingue, en quelques endroits, ſur les côtés, une ſeconde couche de l'épaiſſeur d'une ligne, tantôt en cryſtaux brillans, tantôt unie & terne.

Sur cette ſeconde couche on en apperçoit une troiſième, qui règne aſſez uniformément, & qui étant découverte dans une partie, préſente des eſpèces d'alvéoles: ces alvéoles ſont deſſinés en grand, *Fig. V.* pour faire voir qu'ils paroiſſent eux-mêmes formés de plus petites figures ſemblables, qui ſe font remarquer dans les cavités régulières, terminées par les lignes ſaillantes.

La troiſième, couche qui forme la croûte de ce minéral, & qui n'en recouvre plus qu'environ une moitié, paroît formée de petits primes réguliers qui ſe touchent par des faces polies, & ſont implantés dans des alvéoles ſemblables à ceux que l'on apperçoit dans la partie découverte: le deſſus de cette croûte conſerve lui-même quelque apparence de la régularité

des alvéoles; mais les prismes sont terminés par une espèce de petit mamelon, & la plupart de ces mamelons sont renfoncés à leurs extrémités, comme une soufflure métallique dont on auroit enlevé la partie supérieure.

Enfin la *Fig. IV.* représente la même hématite vue de côté, pour indiquer l'ordre des couches.

MÉMOIRE

MÉMOIRE
ET
EXPÉRIENCES
Sur L'AIR FIXE qui ſe dégage de la BIÈRE en fermentation.

Par M. le Duc DE CHAULNES.

LE VOISINAGE du quartier où les Braſſeries ſont fréquentes, m'ayant fait naître, depuis quelques ſemaines, le deſir d'aller voir les travaux des Braſſeurs, l'inſpection des phénomènes de l'air fixe, m'a engagé à faire, ſur ce mixte, pluſieurs Expériences, dont j'ai cru devoir rendre compte à l'Académie.

Lu à l'Académie le 13 Décembre 1775.*

Je m'étois ſi peu occupé de cette ſubſtance juſqu'à ce jour, que j'aurois peut-être dû commencer par lire les Ouvrages qui en ont traité; mais j'avoue que l'exceſſive prolixité de quelques-uns, m'a fait craindre d'embarraſſer, malgré moi, mes idées, plutôt que je ne les étendrois; j'ai donc préféré de ſuivre uniquement, en faiſant mes recherches, la marche qui ſe préſenteroit à moi comme la plus naturelle; réſolu, comme je l'étois, de m'inſtruire après-coup des faits connus, pour éviter de donner aujourd'hui, comme fait nouveau, ce qui ne l'eſt pas. J'ai ſuivi ce projet, & non-ſeulement j'ai

* Les Expériences ont été faites au mois de Septembre 1775.

parcouru, depuis mes obſervations, les livres publiés ſur cette matière; mais j'ai conſulté pluſieurs Membres de cette Académie. Ils ont penſé comme moi, ſur la nouveauté de la plupart de mes Expériences, & ils ont même cru que je ferois bien d'en donner quelques-unes, qui ne ſont que concourir à l'établiſſement de pluſieurs vérités déjà connues, mais qui les établiſſent mieux, & les préſentent peut-être avec plus d'ordre & de méthode, qu'elles ne l'ont encore été.

Je vais donc rapporter, avec le plus de préciſion qu'il me ſera poſſible, les Expériences que j'ai faites, & leur objet: je puis aſſurer qu'elles l'ont été avec exactitude; j'aurai ſoin de citer celles qui y ont rapport, & que d'autres ont faites avant moi; & d'ailleurs je me permettrai à peine quelques conjectures ſur les conſéquences, loin de me livrer à l'eſprit de ſyſtême & aux hypothèſes.

Le lieu où j'ai fait toutes mes Obſervations, eſt la Braſſerie de M. de *Longchamps*, où la plus grande intelligence des moyens mécaniques de tout genre, eſt développée. C'eſt lui qui a donné, dans l'Encyclopédie, la deſcription de l'Art des Braſſeurs. Le père & le fils ont mis trop de bonne volonté à m'aider dans mes Expériences, pour que je ne ſaiſiſſe pas l'occaſion de leur en témoigner ma reconnoiſſance. Les ayant prié de me faire avertir, quand ils auroient une cuve de Bière en fermentation; ils l'ont fait. Je m'y ſuis rendu.

J'ai trouvé, en arrivant, une cuve de ſept pieds de long, ſur cinq de large, & ſix de profondeur, au fond de laquelle la Bière fermentoit. Il y en avoit 2 pieds de hauteur, & par conſéquent 4 pieds d'eſpace vide au-deſſus.

M. *Prieſtley*, ayant avancé qu'il ne règne ſur la Bière fermentante, qu'une épaiſſeur de 9, ou 12 pouces d'air fixe, j'ai cru pouvoir enfoncer une lumière aſſez profondément dans la cuve; mais l'ayant eſſayé, j'ai reconnu, avec ſurpriſe, qu'elle ne pouvoit pas, ſans s'éteindre, deſcendre au-deſſous de ſes bords.

Les Expériences que j'ai faites depuis, m'ont appris que l'épaiſſeur de cette couche d'air fixe, ne dépend que du point auquel la fermentation eſt avancée, de la quantité de matière qui fermente, & de la profondeur de la cuve. A meſure que la fermentation augmente, l'air fixe s'élève juſqu'à ce qu'il ſoit de niveau avec les bords du vaiſſeau. L'air ambiant diſſipe alors la portion qui les dépaſſeroit: car le ſimple contact de l'air ſeroit trop long à le diſſoudre. Toutes ces obſervations me font préſumer que M. *Prieſtley* a fait ſes Expériences dans une cuve, dont les bords n'étoient qu'à 9 ou 12 pouces de la ſurface de la liqueur, auquel cas on ſent que la propoſition ne peut être que relative au vaiſſeau. Si la cuve avoit 50 pieds de profondeur, l'air fixe s'élèveroit librement juſqu'à ſes bords.

Quand la fermentation a duré aſſez long-tems, on ſoutire la Bière, par un gros robinet, qui eſt au fond de la cuve; toute la couche d'air fixe commence, dans ce moment, à deſcendre, & s'abaiſſe à meſure que la liqueur s'écoule; de ſorte que quand elle eſt toute ſoutirée, il reſte au fond de la cuve quatre pieds d'épaiſſeur de cet air, & pardeſſus, deux pieds d'air ordinaire. Le courant d'air ambiant n'agiſſant plus alors ſur l'air fixe, puiſque ſa ſurface eſt inférieure de deux pieds au bord du vaiſſeau, le ſimple contact des deux airs, quoique par une ſurface auſſi large, que ſept pieds ſur cinq, agit ſi lentement ſur l'air fixe, qu'au bout de ſept heures, il n'y en a qu'environ les deux tiers de diſſipés, & qu'une lumière ne peut encore approcher du fond de la cuve, à plus de 15 pouces, ſans s'éteindre.

Ces phénomènes de l'air fixe m'ont paru prouver ſi formellement ſon excès de peſanteur ſur l'air commun, que j'ai cru pouvoir tenter avec ſuccès l'Expérience ſuivante, qui m'a effectivement réuſſi.

Ayant deſcendu un bocal dans l'air fixe, je l'en ai trouvé rempli, quand je l'ai remonté, au point qu'une lumière s'étei- Tranſvaſion de l'air fixe.

gnoit au niveau de ſes bords, j'ai verſé doucement alors cet air fixe dans un autre bocal d'égale capacité, rempli d'air commun, & juſqu'au fond duquel la lumière brûloit : l'air fixe eſt tellement deſcendu, par ce procédé ſimple, dans ce ſecond bocal ; qu'en eſſayant d'y plonger la lumière, elle s'eſt éteinte dès l'entrée, & qu'elle brûloit alors librement juſqu'au fond du premier. J'ai répété deux ou trois fois cette tranſvaſion d'un bocal dans l'autre, avant d'avoir pu diſſiper entièrement l'air fixe, nonobſtant ſon trajet néceſſaire au travers de l'air commun. On ſent aiſément que, pour réuſſir à conſerver ſeparées deux ſubſtances auſſi équipondérables, il faut verſer doucement, & éviter ſoigneuſement toute agitation de l'air.

Une température modérée eſt néceſſaire, pour pouvoir obtenir trois tranſvaſions ; car, par un tems de gelée, on ne peut guères en faire réuſſir qu'une ou deux.

Cette Expérience préſente le ſpectacle aſſez extraordinaire, de voir verſer rien, (quant à l'apparence optique), avec un bocal où il n'y a rien, dans un bocal où il n'y a rien, en prenant même beaucoup de précautions pour ne pas répandre, & de voir cependant, en peu de ſecondes, un animal périr dans ce dernier bocal, une lumière s'y éteindre, & un ſel s'y cryſtalliſer, comme on le verra bientôt.

Lorſque la Bière eſt ſoutirée, par le gros robinet du fond de la cuve, l'air fixe, en raiſon du même excès de peſanteur, s'échappe par ce robinet ; un bocal, qu'on tient au-deſſous, en eſt rempli dans un moment, & la lumière s'éteint en y entrant ; l'air fixe s'échappe même avec une telle impétuoſité, que, débordant de toutes parts pardeſſus le bocal, j'ai vu la lumière s'éteindre à cinq ou ſix pouces en-dehors de ſon orifice : en verſant ſimplement l'air fixe contenu dans un bocal, cinq, ou ſix pouces, au-deſſus d'une lumière, cette lumière s'éteint.

Non-seulement ces Expériences sur l'air fixe, ont l'avantage d'établir, plus positivement qu'on ne l'avoit fait encore, son excès de pesanteur sur l'air ordinaire, mais elles fournissent, comme on voit, un excellent moyen de se procurer, sans embarras & sans frais, une provision d'air fixe, avec laquelle on peut faire chez soi les Expériences qu'on desire. Il suffit, pour cet effet, de descendre des cruches dans la couche d'air fixe, ou de les présenter au robinet de la cuve, & de les fermer ensuite exactement avec un bouchon de liège, qu'on recouvre avec de la cire molle : non-seulement on peut transporter ainsi l'air fixe, mais même le garder très-long-tems, une grande jarre peut en fournir une ample provision, si l'on a beaucoup d'Expériences à faire dans le même moment: car lorsqu'on en a enlevé une partie, si on laisse le vaisseau tranquille pendant 24 heures, quoique bien fermé, l'air commun, qui a pris la place de l'air fixe qu'on a ôté, se mêle au restant de cet air, de sorte que sa densité est diminuée au total, en raison de la quantité d'air commun qui y est entré. Une lumière s'éteint subitement dès l'ouverture, si l'air fixe a toute sa densité, au-lieu que, s'il est plus rare, suivant son degré d'affoiblissement, elle y file & y languit plus ou moins long-tems.

Provision d'air fixe; le garder, le transporter.

La dernière Expérience que j'ai faite, relativement à l'excès de pesanteur de l'air fixe sur l'air ordinaire, a eu pour objet de déterminer la gravité du premier, d'une manière aussi précise qu'il est possible d'y parvenir. J'ai pris, pour cet effet, un balon garni d'un robinet, & qui est destiné à peser l'air; après y avoir fait le vide, il s'est trouvé peser 7 livres, 1 once, 7 gros. Lorsqu'on y a laissé rentrer l'air, son poids a augmenté de 3 gros 66 grains, & après y avoir fait le vide de nouveau, & y avoir laissé rentrer l'air fixe, il a pesé 3 gros 42 grains de plus, que plein d'air ordinaire; ce qui établit, dans cette Expérience, la proportion de l'air fixe à l'air commun, à-peu-près comme 2 est à 1. Le balon contient 737 pouces cubes $\frac{1}{2}$.

Pesanteur de l'air fixe comparée à celle de l'air ordinaire.

Comme j'ai fait réflexion qu'il étoit impoſſible de connoître la peſanteur abſolue de cet air, ſi l'on n'avoit pas égard aux degrés du Baromètre, & du Thermomètre, à l'air libre, & ſur-tout à celui du Thermomètre, plongé dans la Bière qui fermente, j'ai cru devoir recommencer l'Expérience avec ces précautions. J'ai employé, pour cet effet, un balon deſtiné à peſer l'air, beaucoup plus léger, que celui, que j'avois été obligé d'emprunter, le mien n'étant pas alors en état; comme il ſurcharge moins le fléau de la balance, il conſtate avec plus d'exactitude les différences légères.

Mon Balon pèſe,

Vide d'air	2 lb	14 $\frac{3}{3}$	3	3
Plein d'air commun, il a peſé	2	14	6	$\frac{1}{2}$
Et plein d'air fixe	2	15	3	$\frac{1}{2}$

Le Baromètre étant à 28 pouces moins 2 lignes, & le Thermomètre de Mercure, diviſé ſuivant la méthode de M. de *Réaumur*, ſe tenant à 8 degrés au-deſſus du terme de la glace, dans le lieu où étoit la cuve, ce même Thermomètre plongé dans la Bière fermentante, s'eſt élevé juſqu'à 24 degrés, (la fermentation étant à ſa fin.) Cette dernière circonſtance eſt encore très-néceſſaire à obſerver, les divers momens de la fermentation donnant différens degrés de chaleur. On voit déjà des différences ſenſibles en prenant ces précautions, puiſque, dans la première Expérience, le tems étant beaucoup plus froid, l'air fixe ne peſoit pas tout-à-fait le double de l'air commun, au-lieu qu'il eſt ici beaucoup plus peſant.

Lorſque le Thermomètre a indiqué, cette année, plus de 10 degrés au-deſſus du terme de la glace, ainſi qu'en 1740, j'ai cru devoir ajouter une troiſième Expérience à celles qui précédent.

Le Thermomètre plongé dans la Bière au dernier moment

de ſa fermentation, a donné 21 degrés, & le balon, rempli d'air fixe, n'a peſé qu'un gros & demi de plus, que plein d'air ordinaire.

Lorſque j'ai voulu eſſayer la tranſvaſion de cet air, j'ai remarqué, en faiſant l'Expérience, où il peſoit ſpécifiquement plus du double de l'air commun, qu'on l'appercevoit ſous la forme d'une très-légère vapeur; auſſi, en laiſſant ſéjourner, pendant quelques jours, dans un lieu froid, le balon de verre où il étoit renfermé, il s'eſt dépoſé contre ſes parois, d'un des côtés du globe, aſſez d'humidité pour en altérer un peu la tranſparence, mais pas aſſez, pour qu'on pût, même à la loupe, diſtinguer la moindre goutte de liqueur condenſée.

J'ai cru néceſſaire de conſtater à quel point l'air fixe pouvoit exiſter, dans toute ſa force, ſans être viſible. Voici la manière dont je m'y ſuis pris pour y parvenir.

L'air fixe eſt entièrement inviſible.

Au moment où la cuve venoit d'être évacuée en ſoutirant la Bière, j'ai laiſſé remplir d'air fixe, par le robinet, un bocal que je tenois entre une lumière & mon œil; comme cet air occupoit l'eſpace que rempliſſoit la liqueur chaude un moment auparavant, il eſt ſorti ſous la forme d'une vapeur légere; mais un quart d'heure après, les parois de la cuve vidée ayant eu le tems de ſe refroidir; en faiſant la même Expérience, on ne voyoit pas la plus légère apparence de vapeur; l'air fixe paroiſſoit avoir la même force, ſa denſité pouvoit cependant être un peu diminuée, mais on reconnoiſſoit, par l'épreuve de la lumière, que ſa hauteur étoit la même dans la cuve.

Après avoir fait ces recherches préliminaires ſur le poids de l'air fixe, j'ai paſſé à celles qui étoient plus véritablement mon objet, & qui avoient pour but de connoître ſa nature.

J'étois perſuadé qu'un acide y jouoit le principal rôle, &

je n'étois pas le premier de cette opinion, puiſque M. *Prieſtley* lui-même, a dit que cet air n'étoit peut-être, qu'un acide foible, & d'une nature particulière. Il rapporte enſuite que M. *Bergman d'Upſal*, ne l'appelle, que l'*acide aérien*, qu'il a rougi la teinture de Tourneſol avec ; & il ajoute enfin, que M. *Hey* avoit trouvé que cette teinture ainſi rougie, reprenoit à l'air ſa couleur ordinaire.

D'après cette Expérience de M. *Hey*, citée par M. *Prieſtley*, on ne conçoit pas trop pourquoi le même M. *Prieſtley* rapporte un Chapitre entier d'Expériences faites, par le même M. *Hey*, pour prouver qu'il n'y a point d'acide dans l'air fixe. Ce Chapitre eſt intitulé, à la vérité, qu'il n'y a point d'acide vitriolique; mais l'air fixe de M. *Prieſtley*, étant le produit d'un effervelcence cauſée par l'acide vitriolique, l'acide qui ſe trouveroit dans cet air fixe, ne pourroit être que l acide vitriolique, ou l'acide particulier de l'air fixe. Or le Chapitre eſt d'autant moins exactement intitulé, que les Expériences qui y ſont rapportées, ont bien pour objet d'examiner en général, s'il y a, ou non, un acide dans l'air fixe, mais non pas d'éclaircir la nature de cet acide. Ces Expériences, au reſte, ne ſont point concluantes. M. *Hey* s'eſt ſervi, pour l'éprouver, de ſyrop de violettes, qui ne rougit qu'avec une quantité conſidérable d'acide. Pour peu que le ſyrop ait fermenté, il y devient de plus en plus inſenſible, parce que la matière colorante ſe détruit. Ce n'eſt, en général, qu'en étendant le ſyrop dans beaucoup d'eau, que les changemens de ſa couleur ſont aiſés à remarquer, & M. *Hey* n'a mêlé qu'une once d'eau imprégnée d'air fixe, avec une cuillerée à thé de ſyrop de violette en nature. Enfin, puiſque le même M. *Hey* a rougi, dans l'air fixe ſeulement, la teinture de Tourneſol, ce qui eſt une excellente preuve de ſon acidité, on eſt très-étonné de lui entendre avancer, comme une démonſtration du contraire, qu'il n'a pas rougi le ſyrop de violette, qui eſt un mauvais moyen d'épreuve pour les acides, & qui n'eſt bon que pour les alkalis : la teinture du Tourneſol qui eſt, au contraire, très-peu

ſenſible

ſenſible aux alkalis, l'eſt fort aux acides, & auroit dû être choiſie par préférence : enfin on n'entend pas pourquoi M. *Hey* dit que l'eau ſaturée d'air fixe, n'a point fait d'efferveſcence, & ne s'eſt pas troublée avec les alkalis fixes ou volatils. Les acides, même concentrés, ne troublent jamais ces alkalis, à moins qu'il ne réſulte de leur combinaiſon, un ſel très-peu ſoluble, & qu'ils ne ſoient ſi rapprochés, qu'il ne ſe trouve pas aſſez d'eau pour le tenir en diſſolution. Quant à l'efferveſcence, il faut auſſi que les acides & les alkalis ſoient rapprochés à un point aſſez conſidérable, pour en cauſer par leur mêlange. J'ai donc été fort étonné de ces obſervations ſur l'acide de l'air fixe, & elles n'ont influé en rien ſur les eſſais que je m'étois propoſé de faire : mais j'ai cru devoir en parler, parce que c'eſt choſe qui mérite diſcuſſion, qu'un Chapitre tout entier d'un homme ſavant, deſtiné à établir ce qu'il croit une vérité.

Au reſte, en faiſant des recherches ſur l'acide de l'air fixe, qui ſe dégage de la Bière en fermentation, j'ai eu moins d'avantage pour le démontrer, comme on le ſentira facilement, que ceux qui ont fait leurs Expériences ſur l'air fixe qui a été produit par l'efferveſcence de la craie & de l'acide vitriolique, qui eſt le plus fort de tous.

Acide de l'air fixe.

Pour commencer donc l'examen de cet acide, j'ai rempli pluſieurs verres à liqueur, de teinture de Tourneſol, étendue dans de l'eau diſtillée ; j'ai verſé dans l'un de l'eau ſaturée d'air fixe, & la teinture a pris la plus vive rougeur.

J'ai deſcendu le ſecond de ces verres dans la couche d'air fixe, où la teinture eſt devenue ſenſiblement rouge en peu de momens.

On a verſé, dans le troiſième, quelques gouttes de la Bière elle-même, qui fermentoit, & qui ont de même rougi la teinture.

Enfin pour m'aſſurer, par un à-peu-près, aſſez exact, de

la quantité d'acide, contenu dans l'air fixe, & en même tems de la vérité de l'assertion de M. *Hey*, que la couleur rouge, qu'il communique à la teinture de Tournesol disparoît à l'air, j'ai fait l'Expérience suivante.

Acide de l'air fixe, comparé à l'acide vitriolique.

Après avoir coloré deux livres d'eau distillée, avec assez de teinture de Tournesol, pour que sa couleur parût toujours bleue, même quand elle étoit en opposition avec la lumière; j'ai partagé cette liqueur en deux parties, que j'ai mises dans deux grands verres, en observant de ne mettre que 15 onces $\frac{1}{2}$ de liqueur dans l'un, & une livre dans l'autre. J'ai versé dans le premier une demi once d'eau saturée d'air fixe, qui ne communique à la teinture, qu'un degré de rougeur suffisant, pour qu'elle puisse encore en manifester aisément une augmentation. J'ai pris alors de l'acide vitriolique, fait avec une once d'huile de vitriol blanche, & bien concentrée, mêlée avec 32 onces d'eau distillée, & j'en ai laissé tomber, goutte à goutte, dans l'autre verre, avec un chalumeau renflé, jusqu'à ce que la rougeur de la teinte me parût bien exactement la même; il m'a fallu, pour égaler cette teinte, cinq gouttes de l'esprit de vitriol que je viens de décrire. Ce qui prouve qu'il y a environ l'équivalent de cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, affoiblie par trente-deux parties d'eau, (1) dans une

(1) Il se trouve, dans une livre d'eau saturée d'air fixe, trente-deux fois autant de substance aërante, ou d'acide aërien, que dans une demi-once de cette eau, de même qu'il se trouve trente-deux fois plus d'acide vitriolique dans cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, que dans cinq gouttes de la même huile affoiblie par trente-deux parties d'eau. On sent donc qu'il ne peut y avoir d'obscurité dans cette Expérience, que si l'on s'embarrasse l'esprit par l'eau saturée d'air fixe qu'on ajoute à la livre d'eau distillée. Comme l'eau distillée ne compte pas, on doit la retrancher en raison de la quantité d'eau saturée qu'on veut ajouter. Par ce moyen, on agit toujours également des deux côtés sur la même quantité d'eau également chargée de matière colorante. Si l'on vouloit faire l'Expérience de cette dernière façon, il suffiroit d'ajouter directement à la livre d'eau saturée, la quantité de gouttes de teinture de Tournesol, qui auroient fait prendre aux quinze onces d'eau contenues dans l'autre verre, la couleur demandée; mais l'Expérience se fait trente-deux fois plus exactement en n'employant que des $\frac{1}{32}$, comme je l'ai fait.

livre d'eau, ſaturée d'air fixe. Le terme de cette ſaturation eſt aſſez conſtant, lorſqu'un bocal, qui contient une livre ou deux d'eau, a paſſé pluſieurs heures dans la cuve, & y a ſouvent été agité. Celui de l'huile de vitriol l'eſt à-peu-près autant, lorſqu'on la prend blanche, bien concentrée, & qu'elle a été contenue dans des flacons exactement bouchés.

Cette Expérience m'a encore fait voir, qu'en colorant avec très-peu d'eau ſaturée d'air fixe, la teinture de Tourneſol, très-bleue, & très-affoiblie, elle perdoit une grande partie de ſa couleur à l'air ordinaire, comme l'avoit annoncé M. *Hey*. La pareille teinture colorée par l'acide vitriolique, en perd auſſi un peu, mais beaucoup moins. Si, au-lieu d'acide vitriolique, on emploie le vinaigre radical, qui eſt naturellement plus analogue à l'air fixe de la Bière, on aura une diminution de couleur auſſi forte qu'avec l'eau ſaturée d'air fixe. Volatilité des acides, ſur-tout de celui de l'air fixe.

L'acide de cet air me devenant de plus en plus démontré, par ces épreuves, j'ai penſé à lui préſenter une ſubſtance qui pût s'unir facilement avec lui, & me procurer un ſel neutre, dont il ſeroit peut-être poſſible, après, d'examiner la nature. J'ai employé, pour cet effet, l'alkali végétal le plus pur, préparé avec la crême de tartre, brûlée à l'air libre, diſſoute enſuite dans l'eau diſtillée. Cette diſſolution a été évaporée dans des baſſines d'argent; on a rediſſous le ſel reſtant dans l'eau diſtillée, & cette nouvelle diſſolution, filtrée, a été de nouveau évaporée doucement, de manière que la liqueur, quoique tiède, laiſsât dépoſer une partie de ſon ſel. Cet alkali, filtré encore une fois, pèſe une once 4 gros 5 grains, dans un flacon, qui tient une once d'eau. C'eſt celui dont je parlerai toujours dans ce Mémoire, lorſque je n'en ſpécifierai pas un autre.

J'ai enduit, avec cette liqueur alkaline, l'intérieur d'un bocal tenant environ 8 pintes, & je l'ai deſcendu dans l'air fixe; bientôt je l'ai retiré entièrement tapiſſé de ſel cryſtaliſé. Les Expériences, que j'ai faites depuis, m'ont appris qu'un inſtant ſuffiſoit pour opérer cette cryſtalliſation, & qu'elle n'exigeoit Cryſtalliſation de l'alkali végétal par l'air fixe en peu de ſecondes.

que le tems néceſſaire pour verſer, hors de la cuve, dans un bocal enduit de cette manière, l'air fixe contenu dans un autre bocal ; ſi l'on tient, pendant cette tranſvaſion de l'air, le bocal enduit entre ſon œil & la lumière, on voit la cryſtalliſation végéter en peu de ſecondes ſur ſes parois, & les obſcurcir de la façon la plus ſingulière (1).

Cryſtalliſer une livre d'alkali végétal en deux heures par l'air fixe.

Comme le ſel produit par ce procédé, devenait fort intéreſſant à connoître, j'ai cherché à m'en procurer une quantité : j'ai ſuſpendu, pour cet effet, autour de la cuve, & dans ſon intérieur, 12 bocaux pareils à celui que j'avois employé, au fond de chacun deſquels, j'ai mis deux onces d'alkali. Comme il ne falloit qu'un inſtant pour cryſtalliſer la diſſolution, qui enduiſoit l'intérieur du bocal, un homme alloit continuellement d'un bocal à l'autre, & faiſoit paſſer la liqueur, du fond, ſur les parois, afin de préſenter toujours à l'air fixe une nouvelle ſurface d'alkali, non cryſtalliſé ; je ſuis parvenu, par ce moyen, à me procurer, en deux heures, une livre de ce ſel, tout égouté, ſur le papier gris.

---

(1) La même liqueur alkaline ſimplement expoſée à l'air commun, y fournit aſſez promptement, par une évaporation inſenſible des cryſtaux analogues à ceux, que l'addition de l'air fixe y produit plus rapidement, & qui ont toutes les mêmes propriétés, qui ſeront ſpécifiées plus bas.

On ne ſera point étonné de ce phénomène, ſi l'on réfléchit que le ſimple contact de l'air fixe ſuffit à l'air commun, pour en faire une diſſolution parfaite. Dès-lors il eſt évident qu'il y en a toujours dans l'air de l'athmoſphère, une plus ou moins grande quantité, puiſqu'il s'en dégage continuellement de l'immenſe quantité de végétaux, qui fermentent & ſe décompoſent ſans ceſſe à la ſurface de la terre. Cette diſſolution continuelle de l'air fixe, eſt même de la plus grande importance dans le mécaniſme de l'Univers, pour reſtituer ſans ceſſe à l'air commun ſa ſalubrité, toujours alterée pas les effluves putrides, qui s'élèvent auſſi de la ſurface de la terre, dans tous les tems. L'action de l'air fixe ſur ces émanations dangereuſes, a été prouvée de la manière la plus complète, par les belles Expériences de MM. *Black* & *Macbride*, & par la ſuperbe Expérience de M. *Prieſtley*, qui rétablit auſſi les ſubſtances putrides, en les expoſant ſimplement aux émanations, qui ſe dégagent des végétaux, dont la ſéve eſt dans toute ſa vigueur.

Je rendrai compte à l'Académie, de l'examen que j'en ai commencé ; mais je crois qu'il faut le faire précéder par quelques Expériences, qui trouveront plus naturellement leur place ici.

Il étoit moins important d'avoir démontré la préſence d'un acide dans l'air fixe, que de ſavoir à quel point cet acide en étoit partie conſtituante & néceſſaire; s'il y étoit entièrement lié, ſi l'on pouvoit l'en ſéparer, &, dans ce cas, quelle ſeroit la nature de l'air fixe après cette ſéparation. Aſſuré, comme je l'étois, de l'effet de l'alkali ſur cette ſubſtance, je m'en ſuis ſervi pour réſoudre ces queſtions par l'Expérience ſuivante.

J'ai pris deux de ces bocaux, dont on ſe ſert communément pour les batteries électriques, ayant 14 pouces de hauteur, ſur quatre de diamètre, dont les fonds ſont plats, la forme cylindrique & le diamètre égal dans toute leur longueur. J'ai garni le bord de ces vaſes avec un cercle de cire molle, & j'ai fait couper des plaques rondes de glace, pour leur ſervir de couvercle; j'ai deſcendu enſuite ces vaſes perpendiculairement, & débouchés, dans l'air fixe, après avoir mis dans l'un la hauteur d'un demi-pouce de mon alkali en liqueur, & dans l'autre un volume égal d'eau, afin qu'à l'alkali près, les circonſtances fuſſent pareilles. A l'inſtant où j'ai retiré mes vaiſſeaux, une lumière s'éteignoit également au niveau des bords de tous deux. J'ai fait appliquer alors les plaques de glaces ſur le cercle de cire, pour ſceller mes bocaux, enfin, en les tournant horizontalement, j'ai enduit leurs parois, avec la liqueur, qui d'abord n'occupoit que le fond. Pendant l'eſpace de 24 heures qu'ils ont reſté ſans être débouchés, on a répété pluſieurs fois cette manipulation, afin de préſenter ſouvent une grande ſurface d'alkali à l'air qu'ils renfermoient.

Rien n'a changé dans le bocal, qui ne contenoit que l'eau; mais bientôt les parois de celui où étoit l'alkali, ont commencé à ſe couvrir de gouttes de ſel congelé, ſans forme cryſtalliſée, & ces gouttes de ſel ſont devenues en peu de tems

aſſez épaiſſes, pour qu'il fût impoſſible de rien diſtinguer dans ſon intérieur.

Au bout de 24 heures, j'ai fait ouvrir mes vaſes, en commençant par celui où il n'y avoit que de l'eau; ſon couvercle s'eſt ſéparé facilement, l'air fixe n'étoit point diminué, la lumière s'éteignoit au niveau de ſes bords, comme quand on l'avoit rempli, un verre de montre plein de teinture de Tournesol affoiblie, qu'on y introduiſit, rougit bientôt dans ſon intérieur; enfin la petite quantité d'eau qu'il contenoit, étoit devenue fort acidule, & puiſſamment imprégnée d'air fixe.

Vide produit par la combinaiſon de l'air fixe & de l'alkali végétal.

Le bocal où étoit l'alkali en liqueur, étoit dans un état bien différent; le couvercle de glace étoit ſi adhérent, qu'il y avoit à craindre de briſer le vaſe, en voulant le déboucher. Comme je ſentis que l'abſorption de l'air fixe pouvoit avoir occaſionné le vide, j'inſérai la pointe d'un couteau entre le bord du bocal & ſon couvercle, il ſe fit alors un petit ſifflement qui dura fort long-tems; quand il fut fini, on déboucha le bocal avec la plus grande facilité; une lumière introduite juſqu'au fond, continua d'y brûler de même, & un verre de montre, plein de teinture de Tournesol, y a conſervé entièrement ſa couleur. Il reſtoit au fond du bocal une portion de liqueur, qui n'étoit pas cryſtalliſée; enfin le ſel qui l'étoit contre ſes parois, s'eſt trouvé, après avoir été ſoigneuſement recueilli & ſeché, peſer 5 gros 21 grains.

J'ai répété deux autres fois cette Expérience, & j'ai trouvé la première, 5 gros 37 grains de ſel, & la ſeconde 5 gros 52 grains. On voit que ces légères différences ont été vraiſemblablement occaſionnées par celles, qui ſe ſont trouvées dans la capacité des vaiſſeaux, & plus vraiſemblablement encore par les différences que les cauſes dont j'ai déjà parlé, peuvent occaſionner dans la denſité de l'air fixe.

D'après l'Expérience que je viens de rapporter, il ne pouvoit plus me reſter aucun doute ſur la manière dont l'acide

étoit uni à l'air, dans le mixte, qu'on nomme, *air fixe*. Il falloit que cette union fût intime, pour que l'air fût plutôt abſorbé, que d'abandonner l'acide, lorſqu'on lui préſentoit un corps, auquel il étoit forcé de s'unir. J'apprenois en même-tems qu'il falloit à-peu-près 175 pouces cubes d'air, pour cryſtalliſer 5 gros 21 grains d'alkali ; enfin la liqueur reſtée dans le bocal, étant abſolument limpide comme l'eau, au-lieu que celle des bocaux mis dans la cuve, avoit une teinte jaune aſſez forte, il en réſultoit une manière d'obtenir le ſel neutre d'air fixe, & d'alkali végétal, dans un état de pureté beaucoup plus grande, que par l'Expérience précédente.

C'eſt dans cette vue, & pour m'en procurer une quantité, que j'ai d'abord répété l'Expérience. J'ai fait couper des plaques de glace pour ſervir de couvercles, avec de la cire molle, à trois grands bocaux, dans chacun deſquels j'ai mis trois onces d'alkali. J'eſpérois que ces plaques n'ayant que ſix pouces de diamètre, & ayant été choiſies aſſez épaiſſes, réſiſteroient au poids de l'air : cependant la raréfaction de l'air intérieur en a bientôt fait caſſer, & enfoncer deux avec bruit, &, ce qui eſt pourtant bien extraordinaire, l'air fixe étoit encore ſi peu altéré dans ce moment, qu'une lumière s'eſt éteinte au niveau des plaques, quand on a voulu l'introduire dans le bocal : la troiſième plaque a réſiſté, le vide ne s'étant pas fait dans le vaſe, apparemment par le défaut d'application aſſez exacte du couvercle à ſes bords : en débouchant le vaiſſeau, on a trouvé ſix gros d'alkali en liqueur. Le ſel recueilli avec ſoin, peſoit tout humide, 2 onces 3 gros, & ſeché, 1 once 5 gros. Ce poids eſt dans le même rapport avec la capacité de ce bocal, que celle du bocal de l'Expérience précédente avec le poids du ſel qui y a été trouvé.

J'avois rempli d'air fixe, un bocal cylindrique, en même-tems que les trois grands bocaux, dont je viens de parler, & j'y avois aſſujéti un Baromètre tronqué, afin de conſtater le degré de raréfaction de l'air ; mais le vide ne s'étant point

Volume d'air réduit à $\frac{11}{12}$ par la combinaiſon de l'air fixe & de l'alkali végétal.

fait dans ce bocal, non plus que dans l'autre, j'ai été obligé de réformer depuis quelque chose à mon appareil. J'ai pris le parti de faire user sur du grais, les bords de tous les bocaux dont je me suis servi, pour que la juxt-apposition fût parfaite, avec les couvercles, que j'ai fait faire avec des glaces assez épaisses pour résister au poids de l'air, & que j'ai lutté avec deux parties de cire, & une de térébenthine (1). J'ai répété de cette manière l'épreuve du Baromètre tronqué, qui a parfaitement réussi, & où le mercure est descendu jusqu'à 22 lignes de son niveau.

Thermomètre avec l'air fixe & l'alkali végétal.

J'ai mis aussi un Thermomètre dans un vase cylindrique, rempli d'air fixe, & où il y avoit deux onces d'alkali, pour connoître le degré de chaleur causé par la combinaison de

(1) J'ai manqué plusieurs fois cette Expérience, malgré toutes ces précautions. Il est aisé de sentir les difficultés dont elle est susceptible. Le vide ne se fait point aussi promptement ici, que dans la Machine Pneumatique, où l'équilibre est suffisamment rompu, dès le premier coup de piston, pour que la pression de l'air extérieur attache le récipient, au lieu que, dans l'Expérience dont il s'agit, s'il y a le plus léger défaut d'adhérence entre le bord du vase ou le couvercle, & la cire, l'air rentre par cette ouverture, avant d'avoir formé sur le couvercle, une pression suffisante, pour causer, en écrasant la cire, une clôture absolue. Pour se procurer cette clôture, il faut commencer par bien chauffer le couvercle, & le bord du vase, puis frotter ces deux parties avec le lut de cire, en observant de ne pas frotter seulement les bords du vaisseau, mais même quatre ou cinq lignes plus bas en-dehors & en-dedans; il faut ensuite poser le cordon de cire sur le bord du vase, en l'appuyant bien, de manière que le bord y soit exactement renfermé, jusques à trois ou quatre lignes au-dessous. Le vaisseau ne doit sur-tout rester plongé dans l'air fixe qu'un instant, de peur qu'une légère humidité n'empêche l'exacte adhérence du couvercle, & il faut cependant descendre perpendiculairement, sur le vaisseau, pendant qu'il est dans l'air fixe, le couvercle auquel le petit Baromètre doit être attaché par un fil. On presse alors avec les pouces, des deux côtés, sur ce couvercle, & on achève ensuite de l'appuyer sur la cire, quand il est hors de la cuve. Enfin, & pour dernière précaution, il faut bien observer, en faisant promener sur les parois du bocal, la liqueur qui est dans le fond, qu'elle ne touche pas la cire, sur-tout dans les premières heures. Il m'est souvent arrivé de ne pouvoir obtenir le vide, pour avoir manqué cette seule précaution. Quelque court que soit le moment où le vase est resté dans l'air fixe, si le couvercle n'étoit pas chaud, la vapeur fixe qui s'y attache, permet ensuite à l'eau d'y pénétrer avec la plus grande facilité.

ces deux

ces deux ſubſtances, & il y a eu deux degrés & demi de chaleur dans le vaſe où elles étoient, de plus, que dans un vaſe pareil, où j'avois placé un Thermomètre de comparaiſon avec de l'air ordinaire : les deux vaiſſeaux étoient fermés par leurs couvercles & de la cire.

Combien l'acide de l'air fixe augmente un poids donné d'alkali végétal.

Un des points les plus importans, qu'il reſtoit à déterminer, étoit de ſavoir, ſi le poids du ſel ſe trouvoit augmenté par l'acide de l'air fixe, qui s'uniſſoit à lui; mais cette Expérience ſingulièrement délicate, préſentoit bien des difficultés, bien peu d'eſpérance de ſuccès, & exigeoit une grande préciſion ; j'ai cependant cru devoir la tenter, & j'ai d'autant mieux fait, que j'ai réuſſi au-delà de mes eſpérances. Voici la manière dont j'ai procédé.

J'ai fait faire, avec une lame de cuivre à caractère, un ſupport d'une dixaine de pouces de longueur, qui pouvoit ſoutenir par les deux extrémités, à environ deux pouces & demi d'un plan horizontal, une broche un peu plus longue de fil de laiton, terminé d'un côté par une pointe, & de l'autre par un anneau, auquel j'ai fait attacher, pour la ſuſpendre, un fil double de ſix pouces de longueur. Tout cet appareil s'eſt trouvé peſer dans une balance très-exacte, de *Galonde*, 5 gros 43 grains moins un quart.

J'ai coupé alors dix-huit ronds de linge fin, qui peſoient exactement enſemble 4 gros, dans la même balance : les ayant humectés, avec de l'alkali, médiocrement, pour qu'ils ne puſſent pas laiſſer tomber des gouttes, je les ai enfilés ſur la broche, & j'ai de nouveau remis dans la balance, le tout enſemble, qui s'eſt trouvé peſer 4 once, 7 gros, 61 grains.

A l'inſtant même où je venois de le peſer, j'ai pris, par le fil de ſuſpenſion, la broche & les linges, & je les ai ſuſpendus, perpendiculairement, dans une cruche remplie d'air fixé, depuis quatre jours ; j'ai bouché enſuite exactement la cruche avec un bouchon de liège, qu'on a recouvert après & entouré

de cire molle, j'ai fait fixer pardeſſus un parchemin huilé; je ne l'ai ouvert qu'au bout de deux fois 24 heures, & comme le vaiſſeau étoit gros, la diminution de l'air n'a pas empêché la lumière de s'éteindre ſubitement dès l'ouverture, quand on a voulu l'y plonger, comme au moment où on l'avoit rempli : tous les linges étoient parfaitement roides & ſecs; enfin la broche, ſon fil de ſuſpenſion, & les linges enduits, étant repeſés de nouveau avec le ſupport de cuivre à caractère, le tout enſemble s'eſt trouvé du poids de 5 onces 65 grains, ce qui fait une augmentation de 75 grains d'air fixe, pour 6 gros 18 grains & demi d'alkali, c'eſt-à-dire, à-peu-près un ſeptième, dont cette Expérience importante nous apprend que l'abſorption de l'air fixe, augmente un poids donné d'alkali.

Cette Expérience doit naturellement occaſionner deux Obſervations, l'une ſur l'humidité qui a pu être renfermée dans la cruche, l'autre ſur le poids dont l'eau de cryſtalliſation ſeule peut avoir augmenté celui du ſel, ſans que l'air fixe y ait eu aucune part.

Je répondrai à la première, que la cruche étoit neuve; qu'elle avoit été ſechée, & bouchée, pendant quatre jours avant de l'employer, qu'on l'avoit remplie d'air fixe par un tems de gelée, & qu'elle a toujours ſéjourné depuis dans un lieu où le Thermomètre s'eſt conſtamment tenu à trois degrés au-deſſus de la glace; enfin qu'on a ſoigneuſement ſcellé & même recouvert le bouchon avec de la cire.

Quant à la ſeconde objection, qui porte ſur l'eau de cryſtalliſation, non-ſeulement il faudroit, pour qu'elle fût fondée, que le ſel, bien ſec, eût exigé autant d'eau, pour ſa cryſtalliſation, que pour ſa diſſolution, puiſqu'il avoit été introduit dans le vaſe en état de liqueur limpide, mais même qu'il eû e n-core attiré de l'humidité, au-delà de l'eau de diſſolution, juſqu'à la concurrence d'$\frac{11}{7}$ du poids total.

Cette réponſe me paroiſſoit ſatisfaiſante, mais ne me ſem-

bloit pas encore assez décisive, lorsqu'en cherchant des moyens de la résoudre d'une manière plus complète, j'en imaginai un, auquel je ne crois pas qu'il reste d'objection à faire.

J'avois de l'air fixe en Expérience avec de l'alkali, dans un de mes vases cylindriques, où leur combinaison avoit fait descendre le mercure, dans le Baromètre tronqué jusqu'à 22 lignes de son niveau. Je songeai que, d'après l'Expérience qui m'avoit appris que l'air fixe étoit à l'air commun, lorsque j'avois rempli le vase, comme deux est à un, il n'y avoit qu'à peser exactement ce vaisseau, tel qu'il étoit, y laisser rentrer l'air ensuite & le repeser, pour voir ce dont l'air rentré auroit augmenté son poids; il en résultoit, en doublant ce poids, celui de l'air fixe qui y avoit été contenu, & que le sel avoit absorbé. J'ai fait cette opération, & j'ai eu, d'augmentation, un gros d'air commun. Le vase contenoit par conséquent deux gros d'air fixe, qui ont été absorbés par 9 gros & 12 grains de sel, qu'on a trouvé en le recueillant avec exactitude, & le faisant secher, d'abord sur du papier gris, & ensuite sur une lame de verre, à la chaleur douce du sable d'un poële. Je ne vois pas quelle objection on pourroit faire contre cette seconde Expérience, puisqu'on a employé plus d'alkali qu'il n'en falloit, pour absorber l'air fixe contenu, que le sel nageoit encore dans la liqueur quand on l'en a retiré, & que le vase a été assez bien fermé, pour que l'air s'y soit raréfié au point que le mercure n'étoit plus, qu'à 22 lignes au-dessus de son niveau; il ne peut par conséquent y être entré rien d'étranger, & cette Expérience démontre d'une manière inconteſtable, qu'il faut deux gros d'air fixe ou 200 pouces cubes à-peu-près, pour cryſtalliſer ſix à ſept gros d'alkali, tel que celui qui a été décrit (1): lorſque cet air eſt une fois plus peſant

(1) Les divers degrés de denſité de l'air fixe, qui dépendent, comme on l'a déjà dit, du degré de chaleur de la bière qui fermente, de l'époque de la fermentation, & des degrés du Baromètre, & du Thermomètre à l'air libre, ſont les cauſes, certaines, des différens poids du ſel qui a cryſtalliſé dans diverſes Expériences.

que l'air commun, ce qui eſt le réſultat d'une température modérée, & par conſéquent ſon état le plus ordinaire.

On peut ſe reſſouvenir que j'ai annoncé, vers le commencement de ce Mémoire, que je rapporterois les Expériences que j'ai faites pour découvrir la nature du ſel d'air fixe à baſe d'alkali végétal : il me ſemble que c'eſt naturellement ici qu'elles doivent trouver leur place : ces Expériences, au reſte, concourent toutes à me perſuader, qu'il n'y a preſque rien de changé à la nature de l'alkali. J'ai cependant reconnu, & ſuffiſamment conſtaté quelques différences, pour ne pas craindre de les annoncer.

Solution du ſel d'air fixe refroidit l'eau.

La diſſolution du ſel d'air fixe, qui avoit été ſimplement reſſuyé, ſur du papier gris, au ſortir de la cuve, a offert pluſieurs phénomènes intéreſſans. Elle a fait baiſſer de ſept degrés, au moment du mêlange avec l'eau, le Thermomètre de M. de *Réaumur*, auquel on avoit laiſſé prendre ſéparément, dans le ſel, & dans l'eau, la température de l'air, qui étoit à neuf degrés au-deſſus de la congelation.

Développement de l'air.

Deux onces ſix gros de ce ſel, ayant été diſſoutes dans un flacon, par l'eau diſtillée froide, le bouchon a ſautillé pluſieurs fois, parce qu'il s'élevoit beaucoup de bulles d'air très-fines de la ſurface du ſel à celle de la liqueur.

La terre de l'alkali ſe précipite beaucoup plus qu'à l'ordinaire.

A meſure que cet air ſe dégageoit, il ſe ſéparoit auſſi des flocons blancs & légers, qui ſe précipitoient beaucoup moins vîte que le ſel. Lorſqu'on a filtré la liqueur, on a trouvé ſur le papier gris 33 grains d'une terre blanche, pareille à celle qui ſe ſépare ordinairement des alkalis, quand on les diſſout, mais qui a paru être ici, proportionnellement, en beaucoup plus grande quantité. (1)

(1) Lorſqu'on rediſſout celui qui a été recryſtalliſé, les mêmes phénomènes ne paroiſſent preſque plus. Ce qui doit arriver puiſque l'alkali ne retient que la portion d'air fixe, qui eſt néceſſaire pour le ſaturer, & que le reſte étant volatil, & n'étant retenu par aucune baſe, doit s'évaporer comme dans l'eau imprégnée, & les liqueurs fermentées qui perdent bientôt leur montant à l'air, c'eſt-à-dire, leur air fixe.

Enfin la diſſolution m'a fourni, par refroidiſſement, à la ſuite d'une évaporation très-lente, des cryſtaux à-peu-près pareils à ceux de l'alkali minéral, dont les lames appoſées les unes ſur les autres, ſont toutefois un peu plus conſtamment rectangles. M. *Sage*, qui a diſſous, & cryſtalliſé 2 onces de ce ſel que je lui avois donné, a obtenu des cryſtaux fort ſinguliers de pluſieurs formes différentes, mais dont les élémens de la cryſtalliſation ſont toujours cubiques : la plupart de ces cryſtaux reſſemblent à ceux qu'il a obtenus du ſel fébrifuge de *Silvius*. Forme des Cryſtaux.

Lorſque le ſel aërien a été fait à l'air libre de la cuve par le premier procédé que j'ai donné, les cryſtaux ſont embarraſſés dès la ſeconde cryſtalliſation, par une eau-mère, jaune, graſſe & très-huileuſe; au lieu que celui qui eſt fait dans des vaiſſeaux fermés, ſe cryſtalliſe beaucoup davantage, & ne laiſſe preſque point d'eau-mère.

Ce n'eſt que ſur le ſel, qui eſt réſulté de la première cryſtalliſation, après l'avoir rediſſous, que j'ai fait les Expériences ſuivantes. (1)

Il décrépite conſtamment, ce que ne fait ni l'alkali végétal, ni l'alkali minéral; il ſeroit cependant difficile d'en conclure la préſence de l'acide marin, puiſque le tartre vitriolé & pluſieurs autres ſels décrépitent de même. Ils décrépitent.

Il n'eſt point déliqueſcent comme l'alkali végétal, le plus pur, qui l'eſt toujours, même quand il eſt cryſtalliſé. J'ai laiſſé exprès à l'humidité pendant plus de deux ans, depuis la lecture du Mémoire, quelques cryſtaux de ſel d'air fixe, fort petits, qui ſont reſtés ſecs. Ils ne ſont point déliqueſcens.

Il n'eſt point pulvérulent & effloreſcent, comme l'alkali minéral; ſa ſaveur eſt alkaline, mais infiniment plus douce que celle de l'alkali pur, même que celui de la ſoude. Ils ne ſont point pulvérulents.

(1) Le ſel que le contact ſeul de l'air libre fait cryſtalliſer lentement dans la même liqueur, a tous les mêmes caractères.

Il verdit le ſyrop de violette, mais moins que les alkalis. J'ai eſſayé d'en réduire quelques cryſtaux en poudre, & de les laiſſer trois jours dans une cruche d'air fixe, pour voir ſi, en ſe ſaturant davantage, ils perdroient, en tout, ou en partie, cette propriété; mais je n'ai pu y remarquer aucune différence.

Il précipite les ſolutions métalliques de la même manière que les alkalis, excepté celle du vitriol de Mars, qu'il précipite ſous une couleur de café au lait (1); au-lieu qu'une goutte d'alkali végétal ou minéral le plus pur, la précipite en verd foncé.

Il fait une vive efferveſcence avec l'eſprit de vitriol le plus foible, avec les acides nitreux, marin, même avec le vinaigre radical, & il ſe cryſtalliſe comme à l'ordinaire, dans ces diſſolutions, du tartre vitriolé, du nitre, du ſel fébrifuge, & de la terre foliée.

Il ſe dégage beaucoup plus d'air de l'alkali végétal, quand il eſt combiné avec l'air fixe, que quand il ne l'eſt pas.

J'ai voulu ſavoir ſi l'efferveſcence de ce ſel avec les acides, avoit pour cauſe, l'excès d'alkali, ou une décompoſition de la partie, qu'on pouvoit ſuppoſer neutraliſée, & ſi l'acide de l'air fixe étoit le plus foible de tous. Pour m'en inſtruire, j'ai choiſi l'acide le moins fort, des acides connus, c'eſt-à-dire, l'acide végétal, qui eſt d'ailleurs celui auquel on doit, par préférence, ſuppoſer le plus d'analogie avec l'air fixe, produit par la Bière en fermentation. J'ai donc pris une partie de vinaigre radical, étendu dans huit parties d'eau, & j'en ai verſé gros, à gros dans deux verres, après avoir mis dans l'un deux gros

(1) Cette couleur de café au lait étant préciſément celle de la mine de fer ſpathique, qui, ſuivant les Expériences de toute la claſſe de Chymie de l'Académie des Sciences, ne differe de la mine ordinaire que par l'air fixe qu'elle contient, a fait faire à M. *Lavoiſier*, l'un des Commiſſaires nommés Pour examiner ce Mémoire, la conjecture ſingulière & fort vraiſemblable, que ce précipité n'étoit que du fer ſpathique artificiellement produit.

d'alkali végétal bien pur, & dans l'autre deux gros du même ſel, ſaturé d'air fixe, qui avoient tous deux été ſechés ſur le même bain de ſable.

L'expoſé de cette Expérience pourra ne pas ſembler fort intéreſſant au premier coup-d'œil; mais ſon réſultat le paroîtra ſûrement davantage.

Au ſeptième gros d'acide, l'alkali végétal, pur, ne donnoit plus d'efferveſcence, & au huitième les bulles d'air ont entièrement ceſſé de s'en dégager; tout le ſel étoit diſſous: cependant une eau très-légèrement chargée de ſyrop de violette, qu'on y a verſé, a pris aſſez promptement la couleur verte, & ne l'a entièrement perdue qu'au 12.me gros d'acide.

Au huitième gros, le ſel d'air fixe faiſoit encore une vive efferveſcence; il reſtoit beaucoup de ſel qui n'étoit pas diſſous; & cependant du ſyrop de violette étendu dans l'eau, qu'on a mêlé dans la diſſolution, eſt entièrement reſté bleu. Le ſel n'a été totalement diſſous, & l'efferveſcence finie, qu'au 18.me gros, des bulles d'air ont encore continué pendant près d'un quart d'heure à s'en dégager, & la liqueur rougiſſoit alors la teinture de Tourneſol.

Air fixe intimement combiné avec l'alkali végétal.

J'ai encore tenté de chauffer au bain de ſable, 4 gros de ſel d'air fixe, ſec, dans une cornue tubulée Angloiſe, à bouchon de cryſtal, dont le col eſt uſé à l'Emeri, dans le goulot d'un récipient, où j'avois placé une demi-once d'eau diſtillée, colorée en bleu par la teinture de Tourneſol; l'eau a été très-peu aërée, la couleur à peine changée, & le ſel fourniſſoit à-peu-près autant d'air dans ſa diſſolution.

Ce n'eſt qu'après avoir fait cette ſuite d'Expériences, que j'ai cherché, comme je l'ai dit au commencement du Mémoire, à connoître les travaux qu'on avoit déjà fait ſur l'air fixe, & entr'autres ceux de MM. *Prieſtley*, *Black*, *Macbride*, & *Jacquin*. J'ai lu ce que j'ai pu me procurer de leurs Ouvra-

ges, dans les originaux, & le reſte dans l'excellent Abrégé, qu'a fait M. *Lavoiſier*, de tout ce qui a été publié ſur l'air fixe. J'ai trouvé que ces Phyſiciens avoient employé celui qu'on développe de la craie, par l'acide vitriolique, pour cryſtalliſer l'alkali fixe végétal, & qu'ils avoient rappellé, par le même moyen, l'alkali fixe, & l'alkali volatil cauſtique, à l'état d'alkalis cryſtalliſables.

Après cette lecture, j'ai cru devoir commencer par faire moi-même des obſervations, ſur les principales de ces Expériences importantes.

Alkali volatil cauſtique, & air fixe cryſtalliſant.

J'ai mis, en conſéquence, l'alkali volatil, obtenu par l'intermède du *Minium*, qui eſt le plus fort de tous, le plus cauſtique, & celui qui cryſtalliſe le moins, dans un de mes cylindres de verre, avec de l'air fixe; les ſeules vapeurs de l'alkali volatil m'ont fourni à l'inſtant même la plus belle cryſtalliſation, & lorſque j'ai ouvert le vaſe, j'ai reconnu qu'il y avoit eu abſorption d'air.

Cette Expérience m'ayant paru mériter d'être répétée, j'ai deſcendu dans l'athmoſphère d'air fixe, un de mes vaſes cylindriques, après y avoir verſé deux onces du même alkali volatil; à l'inſtant où ſes vapeurs ont touché l'air fixe, renfermé par le couvercle, qu'on avoit placé ſur le vaſe, il s'eſt produit une très-forte chaleur. Je n'ai point encore fait d'Expérience pour déterminer les quantités relatives.

Je n'étois pas moins curieux d'obſerver les effets de l'air fixe ſur les alkalis fixes-cauſtiques, que ſur l'alkali volatil. J'ai préparé en conſéquence, avec environ quatre ou cinq pintes d'eau diſtillée, la leſſive d'une livre d'alkali minéral très-pur, dans laquelle j'ai fait éteindre aſſez de chaux pour la bien ſaturer, de ce que M. *Meyer* appelle le *cauſticum*. J'ai enſuite fait bouillir quelques inſtans cette leſſive, & je l'ai filtrée.

J'ai préparé

J'ai préparé de la même manière, la leſſive d'une livre d'alkali fixe-végétal.

Ces deux leſſives ne faiſoient pas le moindre mouvement avec les acides; mais lorſqu'elles ont été réduites à une pinte à-peu-près par l'ébullition, dans des vaiſſeaux de fer, elles ſont devenues efferveſcentes, & ayant achevé l'évaporation d'une partie de ces leſſives, dans des capſules de verre, celle d'alkali minéral s'eſt entièrement cryſtalliſée, avant d'être tout-à-fait deſſéchée, & celle d'alkali végétal eſt devenue à-peu-près auſſi efferveſcente, qu'une leſſive d'alkali ordinaire; j'ai été ſurpris du peu d'adhérence, du ſoit-diſant *cauſticum*, à l'alkali.

Une portion des deux leſſives, que j'avois réduites, chacune, au volume d'une pinte, ayant été placée dans des petits bocaux ſuſpendus par des fils, au milieu d'une cruche d'air fixe, y a eſſuyé les mêmes changemens en quatre jours.

Telles ſont les Expériences que j'ai faites juſqu'à ce moment, ſur l'air fixe, de la Bière, en fermentation. On voit qu'elles ne préſentent rien, qui doive porter à tirer des conſéquences différentes de celles, qui dérivent naturellement de la théorie des hommes célèbres que j'ai cités, quoiqu'elles y ajoutent quelques faits nouveaux, dont je crois devoir, en peu de mots, récapituler les principaux.

La peſanteur de l'air fixe, eſt à-peu-près à celle de l'air commun, lorſque le Thermomètre eſt à ſix degrés au-deſſus de la glace, comme deux eſt à un; lorſqu'il eſt à 10 degrés au-deſſus, comme 10 eſt à 7, & lorſqu'il eſt à 10 degrés au-deſſous de la congelation, comme 10 eſt à 4.

Tout démontre qu'il exiſte un acide dans cet air, & qu'il n'y en a qu'une très-petite quantité, puiſque celui que peut abſorber une livre d'eau, qui en eſt ſaturée, ne paroît équivaloir, qu'à cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, affoiblie par 32 parties d'eau, ou à-peu-près.

Cet acide eſt volatil, comme l'a bien remarqué M. *Hey*. Je me ſuis apperçu, que l'acide vitriolique l'étoit auſſi un peu; mais l'acide de l'air fixe l'eſt beaucoup davantage, & paroît l'être au même degré que l'acide végétal, qui doit être, de tous les acides le plus reſſemblant à celui du mixte fourni par la Bière en fermentation.

L'union eſt ſi intime entre l'air fixe & ſon acide, que ce dernier l'oblige, plutôt que de s'en ſéparer, à s'unir aux alkalis, & qu'il en réſulte, lorſqu'on les combine dans des vaiſſeaux fermés, une raréfaction que le Baromètre démontre de $\frac{13}{14}$.

Si cette raréfaction ne ſuffiſoit pas pour prouver l'abſorption complète, & ſans décompoſition de l'air fixe par l'alkali, le poids dont cet alkali augmente, qui eſt préciſément celui de cet air abſorbé, fourniroit le complément de la preuve, & ſi elle ne ſembloit pas ſuffiſante, on en auroit encore une nouvelle démonſtration, par la quantité d'air conſidérable, qui ſe dégage du ſel d'air fixe, lorſqu'on le combine avec le vinaigre radical.

D'après ce petit nombre de points capitaux, n'eſt-il pas permis de ſoupçonner, qu'on a fait trop peu d'attention juſqu'ici à l'acide, qui exiſte dans l'air fixe? Cet acide dont cet air ſuit le ſort, lorſqu'il s'unit aux corps qui en ſont avides, ne paroît-il pas devoir être le moyen d'appropriation, que la Nature emploie, pour mettre l'air commun en état de ſe combiner intimement avec les corps? Ceux dont elle ſe ſert pour opérer en grand, cette combinaiſon première de l'air avec une petite portion d'acide, ſont les fermentations, les effervescences, &c. il en réſulte un compoſé neuf, & entièrement différent de l'air ſimplement chargé de vapeurs acides. Ce dernier eſt très-coërcible, & l'air fixe eſt preſque incoërcible, quand il eſt ſeul : il éteint la flamme dans l'inſtant, & tue les animaux en peu de ſecondes; l'air chargé de

vapeurs acides, n'a point ces caractères (1); enfin l'air fixe eſt bien certainement un être diſtinct; mais à quel point pouvons-nous eſpérer de connoître ſon acide principe, puiſqu'il enchaîne plutôt l'air dans les corps, que de s'en ſéparer, & qu'il s'eſt dérobé juſqu'ici à tous les efforts que nous avons faits pour y parvenir.

Je ſuis cependant loin d'être abſolument ſans eſpérance ſur ce ſujet; il y a des Expériences difficiles & longues, qui pourront vraiſemblablement y faire parvenir.

J'ai remarqué que le ſel d'air fixe cryſtalliſé, bien ſeché, de première cryſtalliſation, & par conſéquent exempt de tout excès d'alkali, n'eſt pas déliqueſcent, & n'a éprouvé au bout d'un mois aucune diminution ſenſible, mais il s'y attache cependant, dès les premiers jours, une légère humidité ſuperficielle qui ne fait point de progrès: or, la très-petite portion d'acide de l'air fixe, provenant de la bière, doit être naturellement analogue à l'acide végétal; ſeroit-ce donc que cet acide auroit formé, avec l'alkali végétal, quelques atomes de terre foliée, qui eſt, comme on ſait, un ſel déliqueſcent & qui doit être le réſultat naturel de cette combinaiſon?

Doit-on regarder encore comme impoſſible d'unir directement quelques grains d'une baſe quelconque, avec la petite portion d'acide de l'air fixe, qui exiſte en nature dans l'eau qui en eſt ſaturée, & de retrouver enſuite, par l'évaporation, le ſel neutre, qui auroit été produit par ſon union avec cette baſe?

Cette idée eſt d'autant moins deſtituée de fondement, qu'un petit nombre de gouttes d'alkali enlèvent dans l'inſtant toute ſaveur quelconque à l'eau aërée la plus piquante.

---

(1) L'air chargé de vapeurs de l'eſprit de nitre éteint cependant la flamme; mais il eſt coërcible.

L'air fixe ne change rien à une ſolution d'alkali minéral.

Enfin l'alkali minéral, pourvu de tout l'air fixe qu'il lui faut pour cryſtalliſer, eſt-il totalement hors d'état de porter ſur l'acide ſeul ſon action alkaline ? J'ai déjà expoſé dans une cuve de bière, ſix bocaux de huit ou dix pintes, dans chacun deſquels il y avoit quelques onces d'une ſolution, ſaturée d'alkali minéral ; leurs parois ſe ſont garnis de très-petits points blancs, quelques légères croûtes ſalines ſe ſont formées à la ſurface de la liqueur ; mais le tout m'a fourni ſi peu de ſel, que j'ai eu grande peine à retirer quatre gros du total, qui ne m'ont donné, en les cryſtalliſant, que des cryſtaux d'alkali minéral.

En terminant ce Mémoire, je crois devoir rapporter une dernière Expérience, qui n'a point de trait à l'air fixe de la Bière, mais qui eſt bien eſſentielle à l'hiſtoire de l'air fixe en général, & qui pourroit faire demander, s'il ſeroit ſi abſurde d'imaginer, comme l'ont fait pluſieurs Chymiſtes célèbres, que l'acide du feu, ou de la lumière joue un rôle important dans cet air. Voici cette Expérience.

La vapeur du charbon allumé, n'eſt que de l'air fixe.

J'ai placé un moyen fourneau, plein de charbon, à l'une des extrémités d'un cabinet, de ſix pieds de longueur, ſur trois de largeur, & j'ai mis à l'autre, ſur le plancher, un bocal enduit d'alkali, que j'ai garanti de la chaleur du fourneau, par une caiſſe, qui forme un cube d'environ 18 pouces. Des tablettes garniſſent toute la hauteur du cabinet. Deux bougies, dans leurs flambeaux, ont été poſées, l'une ſur la plus haute, l'autre ſur la plus baſſe. J'ai bien calfeutré la porte qui eſt vitrée, & je ſuis reſté auprès pour obſerver. La lumière la plus élevée s'eſt éteinte la premiere, la plus baſſe dix minutes après ; je ſuis entré dans le cabinet alors, & j'ai trouvé l'alkali entièrement cryſtalliſé ſur toutes les parois du bocal. Je rapporte ſimplement le fait. J'ai dit que je ne me permettrois ni conjectures ni hypothèſes.

M. *Sage*, devant qui j'ai répété cette Expérience au Jardin

du Roi, en a varié la première partie d'une façon intéreſſante. Il a attaché, ſur un fromage deſtiné à élever les creuſets, deux bougies, l'une de trois pouces de hauteur, l'autre de deux. Après les avoir allumées, & avoir poſé le tout ſur la platine d'une machine pneumatique garnie de ſes cuirs, il l'a recouvert avec un récipient, ſur lequel il a appuyé quelques inſtans. La plus élevée des lumières s'eſt éteinte la première, la ſeconde quelques momens après. Le récipient s'eſt attaché aux cuirs, & lorſqu'on a ouvert la communication avec l'air extérieur, il en eſt rentré beaucoup.

Effets de la ſimple chaleur ſur une ſolution d'alkali végétal.

La chaleur, au reſte, contribue ſi-bien à faire cryſtalliſer l'alkali, que de deux bocaux qui en ſont enduits, & qu'on laiſſe paſſer la nuit, l'un dans une chambre chaude, où il n'y a cependant point de feu; l'autre dans une chambre froide, le premier ſeulement eſt ſenſiblement cryſtalliſé le lendemain, & l'autre ne l'eſt pas; il n'eſt pourtant pas vraiſemblable que l'évaporation ſeule en ſoit la cauſe, puiſqu'en laiſſant le ſecond des bocaux paſſer au froid pluſieurs jours, il ſe ſeche abſolument, ſans prendre preſque de forme cryſtalliſée. J'ai remarqué, à la vérité, que s'il étoit dans un lieu aſſez froid, pour que l'évaporation demandât beaucoup de tems, il cryſtalliſoit beaucoup davantage. J'ai cru remarquer encore que l'alkali de ces bocaux ſe cryſtalliſoit moins, quand ils ſéjournoient dans une chambre obſcure, que quand ils étoient expoſés à une vive lumière; mais, pour établir des points certains, ſur des Expériences auſſi délicates, il faudroit en faire auparavant ſur la pureté de l'alkali du tartre, de beaucoup plus exactes, que l'on n'en a faites juſqu'à préſent. On a donné des Mémoires ſur la manière de le faire cryſtalliſer; je crois que des obſervations ſur la façon de l'en empêcher, ſeroient beaucoup plus juſtes & plus intéreſſantes; les nuances les plus légères y font de grandes différences, &, pour en donner une idée, il ſuffit de faire connoître qu'il y en a une fort grande entre

l'alkali le plus pur, préparé par déliqueſcence, & celui qui l'eſt par diſſolution; le premier précipite en blanc la ſolution de cryſtaux de Lune, & le ſecond la précipite en brun preſque noir. Cette couleur eſt plus ou moins obſcure, ſuivant que l'on a employé le ſel de tartre plus ou moins deſſéché; s'il l'eſt beaucoup, il s'échauffe beaucoup avec l'eau dans laquelle on en fait la diſſolution, qui, dans ce cas, n'eſt jamais bien blanche.

ADDITION
AU MÉMOIRE PRÉCÉDENT.

Expériences qui paroiſſent démontrer que l'air fixe, & l'acide marin volatil, n'ont aucunes qualités communes, & que cet acide marin volatil, a toutes celles de l'acide marin ordinaire, excepté qu'il eſt moins volatil.

Peu de jours après que j'eus fait la lecture d'un Mémoire ſur l'air fixe, à l'Académie, M. *Sage* fit paroître une brochure, qui porte le titre d'*Analyſe des Bleds*. On y lit, *p.* 89, le paſſage ſuivant, au Chapitre intitulé: *De l'Acide volatil*, qui ſe dégage de la fermentation de la Bière.

« Rougir en un inſtant la teinture de Tourneſol, faire cryſ-
» talliſer l'huile de tartre par défaillance, en y introduiſant
» un acide, qui lui donne les propriétés du ſel ſpathique, ſont
» les Expériences, qui ont ſervi à faire voir à M. le Duc de
» *Chaulnes*, que le prétendu Air fixe n'étoit autre choſe qu'un
» Acide ſurchargé de matières inflammables. »

On lit encore, *page* 90; « J'ai examiné le ſel neutre formé
» par l'alkali fixe, & l'Acide volatil de la bière; j'ai trouvé qu'il
» étoit ſemblable au ſel formé par l'alkali, & l'Acide marin mo-
» difié par une matière graſſe, c'eſt l'Acide que j'ai déſigné ſous
» le nom d'*Acide marin volatil.* »

M. *Sage* n'a pu exprimer plus clairement, ce me ſemble;

qu'il regarde l'Air fixe, & l'Acide marin volatil, comme une ſeule & même ſubſtance.

On trouve enſuite, à la *page* 72, un Chapitre entier, dont le titre eſt : *De l'Acide marin volatil*, & qui indique, pour s'en procurer, le procédé ſuivant. Triturer d'abord deux gros d'huile, avec 16 parties de ſablon lavé, pour augmenter les ſurfaces, & y ajouter enſuite, en broyant toujours, quatre gros d'Acide marin, *non fumant :* on doit enſuite introduire ce mêlange dans une cornue, & y joindre un récipient, dont il faut que les parois ſoient enduites d'alkali en liqueur ; ſeul moyen, dit M. *Sage*, de raſſembler ces vapeurs preſque incoërcibles. Six ſemaines après, on trouve dans l'alkali, des cryſtaux cubiques, qui précipitent la diſſolution d'argent en jaune citron.

Ce même procédé ſe rencontre déjà, mais avec quelque différence à la *page* 99 des Mémoires de Chymie de M. *Sage*. Il vouloit alors qu'on employât l'Acide marin, *fumant*, au-lieu de celui qui ne l'eſt pas, & qu'on entretînt ſous la cornue un feu, qui répondît au 48.e degré du Thermomètre de *Réaumur*.

Après avoir donné, dans ſa nouvelle Brochure, & dans un Chapitre ſéparé, le moyen de préparer directement l'*Acide marin volatil*, ſuivent ſept autres Chapitres, intitulés :

Acide marin volatil,

1.° De la diſſolution des Métaux ſpathiques.

2.° De la matière lumineuſe du Phoſphore.

3.° De l'Électricité.

4.° De la diſtillation du Charbon en poudre.

5.° De la ſaturation des Alkalis, ou Terres calcaires par les acides.

6.° De la diſtillation

6.° De la distillation de la Craie.

7.° Du Mercure précipité, *per se*.

La preuve unique, & générale que donne M. *Sage*, qu'il existe de l'Acide marin, dans toutes ces substances, est que leurs émanations forment, en se combinant avec l'alkali végétal, des cristaux pareils à ceux que produisent avec ce sel, les vapeurs d'*Acide marin volatil*, & qui ont le même caractère de précipiter en jaune citrin la dissolution d'argent.

Les faits que j'avois présentés, comme constans, à l'Académie, la première fois que j'ai eu l'honneur d'y faire une lecture, se trouvoient trop formellement contredits par toutes ces assertions, pour que je pusse me dispenser d'y répondre. J'avois eu soin de dire, à la vérité, même en lisant le titre de mon Mémoire, que je ne m'étois servi du mot d'*air fixe*, pour désigner le mixte qui se dégage des végétaux en fermentation, que parce que c'étoit celui que l'on avoit le plus ordinairement employé jusqu'ici, en observant toutefois, qu'un nom absolument neuf, me paroissoit nécessaire pour caractériser une substance, entièrement différente de toutes les substances connues; mais j'ajoutois ensuite que si j'étois peu attaché à lui donner un nom quelconque, je l'étois infiniment davantage à la définition, que j'estimois devoir en faire; qu'il me sembloit donc qu'on devoit regarder l'air fixe, comme une combinaison si intime, d'un peu d'acide avec l'air commun, qu'il en résultoit un composé nouveau, doué de qualités nouvelles, & qui ne participoit presque plus de celles qu'avoient l'Air & l'Acide avant leur réunion.

On imagine bien, avec quelle réserve & quelle timidité j'ai dû avancer cette conjecture, quoiqu'elle m'eût paru démontrée par mes Expériences.

Lorsque j'ai vu M. *Sage* affirmer d'une manière aussi positive, que l'Air fixe n'étoit que de l'Acide marin volatil, on sent combien j'ai dû me repentir de m'être autant avancé; ne

pouvant douter, qu'avec infiniment plus de connoiſſances chymiques que je n'en puis avoir, M. *Sage* ne dût ſoutenir un avis auſſi nouveau, par une multitude d'Expériences ſoigneuſement répétées. Je ne pouvois cependant me défendre de quelque ſurpriſe, en me rappellant qu'il m'avoit fait dire à moi-même, *page* 89 de l'Analyſe des Bleds, préciſément le contraire de ce que j'avois dit; mais je me perſuadois, par réflexion, que M. *Sage* prévoyant bien que ſon ſentiment devoit prévaloir, avoit ſimplement voulu me rendre le ſervice de m'y faire publiquement adhérer d'avance.

L'intérêt de défendre mes idées, n'a pas été le ſeul motif qui m'ait déterminé à entreprendre des recherches ſur l'Acide marin volatil. Le ſyſtême de M. *Sage*, en Chymie, étant tout-à-fait différent des autres, & preſque entièrement fondé ſur cette ſubſtance, j'ai cru qu'il importoit au progrès de la ſcience de s'aſſurer ſi cette baſe étoit vraie, ou fauſſe, par des Expériences ſoignées & répétées, que je ne voyois pas qu'on eût encore faites.

Je vais donc examiner d'abord, en peu de mots, quel degré de confiance on peut donner aux conſéquences qu'on déduit de la cryſtalliſation des alkalis; & je chercherai enſuite, par des épreuves comparées, à mettre en état de prononcer ſur la reſſemblance, ou la diſſemblance de l'Air fixe, avec l'Acide marin volatil. Je me bornerai, dans ce Mémoire, à traiter ſeulement ces deux objets, d'autant qu'ils me paroiſſent devoir entraîner, par leur éclairciſſement, une déciſion abſolue ſur ce qu'on doit penſer des ſept autres Chapitres.

Tout le monde ſait combien on obſerve de variétés dans les cryſtalliſations, à quel point elles ſont peu conſtantes, & combien elles dépendent des circonſtances qui paroiſſent les plus indifférentes, au premier coup-d'œil, telles que la forme des vaſes, le degré d'agitation qu'ils éprouvent, l'épaiſſeur de l'eau de diſſolution, & une multitude d'autres, dont on ne connoît que la moindre partie, & qui concourent à rendre

les formes cryſtalliſées ſi incertaines, qu'elles n'ont jamais été regardées en Chymie, comme fourniſſant des preuves ſuffiſantes, quand elles ſont ſeules, pour prononcer ſur un fait, quel qu'il ſoit, à plus forte raiſon pour être le ſeul fondement d'un nouveau ſyſtême. J'ai fait cryſtalliſer, par une évaporation très-lente, l'alun ſaturé de ſa terre, ſous une forme cubique, compoſée d'élémens cubiques : M. *Bayen* a obtenu, par le même procédé, l'alun de roche ordinaire, cryſtalliſé ſous cette même forme. M. *Cadet* m'a donné du ſel marin cryſtalliſé en aiguilles. J'ai eu dans les mêmes terrines des cryſtaux d'alkali minéral très-différens les uns des autres, & j'ai toujours remarqué que les cryſtalliſations de l'alkali végétal étoient les plus ſujettes de toutes à varier, ſans qu'on pût ſouvent en déterminer les cauſes. J'ai fait des recherches ſur ces incertitudes, qui m'ont, à la vérité, donné de fortes préſomptions ; mais je me crois encore ſi fort éloigné de pouvoir adopter, ſur cet objet, des idées excluſives, que j'ai cru devoir inſiſter à l'avant-dernière page de mon Mémoire, ſur la réſerve avec laquelle il falloit employer ces cryſtalliſations, comme le moyen d'établir un ſentiment quelconque. Je crois cependant pouvoir citer, comme une exception, la méthode neuve dont je me ſuis ſervi, pour parvenir en peu de ſecondes, & par la ſimple tranſvaſion de l'Air fixe, à faire cryſtalliſer beaucoup d'alkali : je n'en tire d'ailleurs aucune induction forcée, & ce n'eſt pas un de ces procédés incertains, plus que problématiques, & à-peu-près inviſibles, qui ne font qu'embrouiller la ſcience, & dont on ſe ſert ſouvent pour prononcer affirmativement ſur un nombre de faits nouveaux, auxquels, pour être fort importans, il ne manque que la vérité. Mais n'en voilà que trop ſur l'incertitude des cryſtalliſations; examinons, par des Expériences & des procédés plus ſûrs, ſi l'on doit croire à l'exiſtence de l'Acide marin volatil.

J'ai trituré enſemble, comme le preſcrit l'*Analyſe des Bleds*, une demi-partie d'huile, une partie d'Acide marin, *non fumant*, & ſeize parties de ſable lavé : j'ai mis enſuite le tout

dans un flacon de cryſtal, à large ouverture, contenant environ deux pintes.

J'ai introduit dans un pareil flacon, ſeize parties du même ſable, ſimplement trituré, avec une partie du même Acide marin, & j'ai obſervé, par comparaiſon, les effets qui ont réſulté de ces deux mêlanges.

N'ayant pu y remarquer aucune différence, en employant, comme je le faiſois, l'Acide marin, *non fumant*, preſcrit par l'*Analyſe des Bleds*, j'ai cru devoir recommencer l'Expérience, en y ſubſtituant l'Acide marin, *fumant*, demandé par *les Mémoires de Chymie*, j'ai effectivement reconnu qu'il ſe dégageoit alors des vapeurs un peu plus piquantes, du mêlange où il entroit de l'huile, que de celui où il n'en entroit pas.

Ce fait ne préſente pourtant rien d'extraordinaire; car il eſt fort ſimple que l'Acide marin, qui n'a preſque point d'action ſur les corps gras, en ait un peu davantage lorſqu'on multiplie leurs ſurfaces, & qu'il s'en exhale en conſéquence, ſur-tout dans les premiers momens, des vapeurs plus piquantes, qui ſeroient totalement inſoutenables, ſi l'on employoit, au-lieu d'Acide marin, ſeulement quelques gouttes d'Acide nitreux. Il doit ſe faire en même-tems une combinaiſon d'huile & d'Acide, qui, en neutraliſant une portion du mélange, lui donne une ſorte de qualité réſino-ſavonneuſe, & lui enlève une partie de ſon activité. Je m'attendois encore que, dans le premier moment, l'effervescence inſenſible pourroit dégager un peu d'Air fixe, comme toutes les effervescences en dégagent, & j'ai été fort ſurpris de n'en pas trouver, même l'apparence, dans aucun inſtant.

La lumiere s'éteint dans l'air fixe, & ne s'éteint point dans l'acide volatil marin.

Ce qui me fait dire, dans aucun inſtant, c'eſt qu'ayant ſucceſſivement deſcendu dans les deux flacons, & à différentes époques, une bougie allumée, elle a tranquillement continué d'y brûler, tout le tems qu'on l'a laiſſée dans l'intérieur des vaiſſeaux qui etoient remplis de vapeurs. On ſait que la

flamme, de quelque nature qu'elle ſoit, s'éteint ſubitement dès qu'elle entre dans un athmoſphère d'Air fixe.

Après cette Expérience, qui m'a déjà paru prouver, que l'*Acide marin volatil*, n'étoit pas de l'Air fixe, j'en ai répété une autre, qui avoit été imaginée par M. *Sage* lui-même, un jour que je l'avois invité à être témoin de quelques-unes des miennes.

L'air fixe ne précipite point les ſolutions d'argent ou de mercure, par l'acide nitreux.

Dans la perſuaſion où il étoit, que l'Air fixe étoit autre choſe que de l'Acide marin volatil, il n'héſita pas à faire deſcendre dans la cave de bière en fermentation, deux bocaux, dans l'un deſquels il avoit mis de la diſſolution d'argent, par l'Acide nitreux; & dans l'autre, de la diſſolution de mercure, par le même Acide. Tout le monde ſait, qu'un atome d'Acide marin trouble ſur-le-champ ces diſſolutions; mais un ſéjour de cinq heures dans l'Air fixe, ne put altérer en aucune manière leur limpidité.

Comme cette Expérience, deſtinée par M. *Sage*, à appuyer ſon opinion, me ſembloit prouver, au contraire, entièrement contre la ſienne, en faveur de la mienne, j'ai cherché depuis à la rendre plus frappante, & j'ai verſé, pour cet effet, de la diſſolution d'argent dans l'eau diſtillée, bien ſaturée d'Air fixe, qui en contient, par ce moyen, plus de deux fois ſon volume, & qui, dans cet état, rougit très-promptement la teinture de Tourneſol; mais, après cette addition, l'eau ſaturée eſt reſtée toute auſſi limpide qu'auparavant.

L'acide marin volatil les précipite.

L'Air fixe ne précipitant point l'argent, diſſous dans l'eſprit de nitre, les vapeurs de l'Acide marin volatil ne devoient pas, ſuivant l'Auteur de l'Analyſe des Bleds, le précipiter davantage. Pour m'en inſtruire, j'ai mis de cette diſſolution dans deux phioles, que j'ai ſuſpendues, débouchées, au deſſus des mêlanges, & dans la partie vide, des gros flacons où ils étoient contenus; un peu de ruban attachoit à leurs bouchons, ces deux phioles. Leurs ouvertures étant fort etroites,

ce n'eſt qu'au bout de 10 ou 12 minutes, que les émanations de l'eſprit de ſel ont pu s'y introduire, & occaſionner la précipitation, qui avoit également rendu blanches comme du lait, au bout d'une demi-heure, les liqueurs d'épreuves contenues dans les phioles (1).

Dès cet inſtant, j'avoue qu'il m'a paru que ſi les vapeurs de l'*Acide marin volatil*, ne reſſembloient point à celles de l'Air fixe, elles avoient en récompenſe beaucoup de qualités communes avec celles de l'Acide marin ordinaire.

Il me reſtoit encore à connoître les effets de l'Acide marin volatil ſur l'alkali du tartre. Pour y parvenir, j'ai couché horizontalement, & débouché les deux flacons qui contenoient les mêlanges à la doſe de quatre onces, & j'ai lutté contre leur ouverture, avec la cire molle, deux bocaux, auſſi couchés horizontalement, & qu'on avoit intérieurement enduits d'alkali.

Bientôt les parois de ces bocaux ſe ſont couvertes d'une croûte ſaline, qui n'avoit point de forme cryſtalliſée, & la liqueur raſſemblée dans la partie inférieure de ces vaſes n'ayant fait que s'épaiſſir, n'a formé qu'une gelée épaiſſe & preſque tranſparente.

Comme j'avois vu, chez M. Sage, des cryſtaux ſous l'alkali,

L'air fixe précipite l'eau de chaux.

(1) Depuis que ce Mémoire a été lu à l'Académie, M. *Lavoiſier*, l'un des Commiſſaires nommés pour ſon examen, a fait une Expérience, qui prouve au moins autant que les précédentes contre l'identité de l'Air fixe & de l'acide marin volatil : on ſait qu'à l'inſtant où l'eau de chaux touche la première de ces ſubſtances, il s'y forme un précipité blanchâtre qui trouble la liqueur ; mais enfin l'a-t-on renfermé avec de fortes vapeurs d'acide marin volatil, elle n'a rien perdu de ſa limpidité.

L'acide marin volatil, au contraire, diſſout le précipité.

J'ai cru pouvoir rendre cette Expérience encore plus démonſtrative en expoſant aux mêmes vapeurs d'acide marin volatil, l'eau de chaux déjà troublée par le précipité qu'occaſionne l'Air fixe, il eſt arrivé ce que j'avois prévu. L'addition de l'acide a rediſſous la portion de terre calcaire, précipitée, dont l'interpoſition avoit fait celer la tranſparence de la liqueur, qui eſt redevenue diaphane.

contenu dans un récipient, qu'il avoit joint à une cornue, où l'on avoit mis le mêlange propre à produire l'*Acide marin volatil*, j'ai cru devoir répéter l'Expérience, &, après avoir fait les mêlanges de nouveau; à la dose d'une livre de sable chacun, & du reste à proportion, pour opérer d'une manière plus sensible, je les ai introduits dans deux cornues, que j'ai chauffées sur le même bain de sable. J'ai employé le feu peu considérable, que prescrit M. Sage *dans ses Mémoires de Chymie*, & il m'a encore procuré les mêmes résultats: l'alkali n'a donné, comme auparavant, qu'une gelée, qui étoit seulement un peu plus opaque.

Clôture des vaisseaux empêche la cristallisation.

Ces observations m'ayant fait soupçonner, que la clôture exacte des vaisseaux, dans lesquels on traitoit ces substances, pouvoit influer sur les altérations qu'essuyoit l'alkali; j'ai pris de nouveaux balons, enduits de nouvelle liqueur, & j'ai simplement introduit les becs des cornues dans leurs ouvertures, sans les y lutter; les sels qui se formoient, ont commencé pour lors à prendre une forme cristallisée, mais très-confuse. Après les avoir retirés des récipients, je les ai séparés de l'alkali, & les ayant dissous dans l'eau distillée, je les ai fait cristalliser; celui qui avoit été formé par les vapeurs de l'Acide marin seul a pris la forme parallélipipède, que prend communément le sel fébrifuge, & celui qui avoit été produit par les vapeurs du mêlange d'huile & d'Acide marin, n'a donné qu'une cristallisation un peu plus informe.

C'est à cette dernière différence presqu'insensible, que s'est réduit tout ce que j'ai pu observer de dissemblable entre les résultats des produits de l'Acide marin pur, & de celui où l'on a mêlé un peu d'huile, qui d'ailleurs ont toujours été constamment, & absolument semblables.

J'avois eu soin, pendant ces dernières épreuves, de tenir les récipiens plus élevés que les cornues, afin qu'il ne pût y passer que des vapeurs; mais comme je remarquai, qu'il se condensoit beaucoup de gouttes sur les parois des vaisseaux, il me

parut qu'il n'étoit pas impoſſible, comme l'avoit aſſuré M. *Sage*, de les raſſembler ſans le ſecours de l'alkali.

Acide marin volatil plus coërcible que l'acide marin ordinaire.

Je joignis au col des cornues, pour m'en éclaircir, de nouveaux récipiens, propres, ſans les lutter; les vapeurs de l'Acide marin pur paſsèrent, avec tous les ſignes d'expanſibilité qu'elles ont coutume de donner; & celles de l'Acide marin volatil, au contraire, ſe condensèrent beaucoup plus tranquillement: elles avoient perdu le montant de l'Acide marin, mais elles exhaloient une ſorte d'odeur aromatique & réſineuſe, qui tient beaucoup auſſi de celle de la cire; les gouttes tomboient toutes les vingt ſecondes, & j'ai trouvé, dans le balon, près de deux onces de liqueur, que j'ai apporté dans le flacon, que j'ai l'honneur de mettre ſous les yeux de l'Académie.

En augmentant le feu, la partie du mêlange qui touchoit le fond de la cornue, a indiqué par une couleur noire, que l'huile commençoit à ſe convertir en charbon.

Ces Expériences ne ſuffiroient pas, ſans doute, ſi j'avois entrepris d'analyſer exactement la nouvelle ſubſtance, qui réſulte de l'union de l'huile avec l'eſprit de ſel; mais je ne crois pas qu'il ſoit néceſſaire d'en ajouter de nouvelles, pour établir les points dont j'ai entrepris l'examen, ſur-tout ſi on veut bien ſe rappeller quelques-uns des eſſais qui ſont contenus dans le Mémoire que j'ai déjà donné.

Quoique l'Air fixe opere ſi promptement & ſi facilement la cryſtalliſation de l'alkali végetal, on peut ſe reſſouvenir, que j'ai fait, ſur l'alkali minéral, des épreuves dont le ſuccès a été bien différent: il eſt reſté pendant ſix heures dans la cuve, ſans y eſſuyer la moindre altération: or je demande, (car ce n'eſt plus d'Acide marin dont il eſt ici queſtion) quelle eſt la ſingulière eſpèce d'Acide, (s'il n'eſt pas différent des Acides connus) qui n'exerce aucune action ſur la ſolution d'alkali minéral, pendant qu'il en exerce une ſi vive, ſur celle d'alkali végétal?

Cet alkali

Cet alkali végétal même, lorſqu'il eſt une fois cryſtalliſé par l'Air fixe, n'eſt plus ſuſceptible d'y eſſuyer, par ſon ſéjour, aucun autre changement : vainement le laiſſe-t-on très-longtems expoſé dans une cuve, même à très-petite doſe, telle que deux gros, par exemple, & réduit en poudre impalpable, pour qu'il donne plus de priſe au fluide environnant; on ne lui fait acquérir aucun nouveau caractère.

Si cet alkali étoit un ſel neutre, d'une nature ordinaire, comme le prétend M. *Sage*, il faudroit auſſi ſoutenir la même choſe de l'alkali minéral.

On m'objectera, ſans doute, que l'alkali cryſtalliſé par l'Air fixe, a les caractères particuliers, de n'être ni déliqueſcent, ni effloreſcent, comme je crois l'avoir obſervé le premier, & de décrépiter, comme M. *Sage* l'a remarqué, *page* 248 de ſes Mémoires de Chymie, en parlant du ſel formé par la combinaiſon de l'alkali végétal, & de ce qu'il appelloit alors *un mixte ſalin volatil.*

On ſait d'abord, que la décrépitation ne dépend que de la grande quantité d'air, & de la petite quantité d'eau qui eſt contenue dans un ſel, & celui dont il s'agit, eſt bien certainement dans ce cas.

Quant à la déliqueſcence & à l'effloreſcence, il me ſemble qu'on n'a pas encore des idées bien nettes ſur leurs cauſes; mais l'abſence ſeule de ces qualités n'eſt certainement pas une preuve de neutraliſation, & cependant l'alkali aëré a préciſément d'ailleurs toutes celles de l'alkali commun. On ne rappellera pas, qu'il verdit le ſyrop de violette, & qu'il a préciſément la même ſaveur que l'alkali minéral, parce qu'on ne manqueroit pas de répondre, qu'il y a des ſels neutres qui conſervent ces caractères.

Mais il me ſemble, qu'on peut employer, comme une preuve plus forte de ſa neutraliſation, & qui auroit même été reconnue juſqu'ici comme abſolue, la très-grande effer-

veſcence qu'il fait avec tous les Acides ; il ſe dégage plus de deux fois autant d'air, par ce moyen, de l'alkali aëré, que de l'alkali ordinaire. Quoique cette grande quantité d'air ſoit encore de l'Air fixe, pareil à celui qui avoit été abſorbé, devons-nous nous défier aſſez du rapport de nos ſens, pour croire que ce qui a ſi fort l'apparence de l'Air commun, en ſoit abſolument deſtitué.

Il me paroît d'ailleurs, parfaitement prouvé, que l'Acide, dont nous avons démontré l'exiſtence dans l'Air fixe, eſt le plus foible de tous, & qu'il a des caractères abſolument particuliers; celui de n'exercer aucune action ſur l'alkali minéral, ſuffiroit ſeul, à ce qu'il me ſemble, pour décider la queſtion. Il en a encore une autre, qui eſt de ne pouvoir ſe combiner qu'en très-petite quantité avec l'eau, qui s'en trouve cependant ſaturée. J'ai démontré, en enlevant à cette eau toute ſa ſaveur, par quelques gouttes d'alkali, & en employant cette même eau ſaturée, à colorer la teinture de Tournesol, par comparaiſon avec des Acides connus, qu'il ne pouvoit exiſter dans l'Air fixe, qu'une infiniment petite quantité de molécules acides.

La manière dont il me paroît donc qu'on peut définir l'Air fixe en peu de mots, eſt de dire, que c'eſt un Acide d'un genre certainement particulier, qui exiſte dans l'air commun en état de diſſolution, au contraire des autres Acides, qui ne peuvent y être qu'en état de ſuſpenſion, ou d'interpoſition.

Mais je m'écarte inſenſiblement des queſtions que je me ſuis propoſé d'examiner dans ce Mémoire: je crois, non-ſeulement qu'il eſt tems de le terminer, mais pouvoir finir par conclure, qu'il n'y a nulle identité entre l'Air fixe, & l'Acide marin volatil, &, qu'excepté d'être moins volatil, cet Acide marin volatil a toutes les propriétés de l'Acide marin ordinaire.

MÉMOIRE

SUR

Quelques circonſtances qui accompagnent la décompoſition du SEL AMMONIAC *par la Chaux vive, par les matières métalliques & par leur Chaux, relativement aux propriétés attribuées à l'Air fixe.*

Par M. BUCQUET.

Préſenté le 7 Août 1773.

LA THÉORIE qui poſe les principes fondamentaux d'une ſcience, qui rapproche les faits épars pour les préſenter à l'eſprit avec plus d'ordre & de préciſion, eſt certainement la partie la plus brillante & la plus digne d'occuper les perſonnes que leur génie élève au-deſſus des artiſans vulgaires: mais cette partie ne peut être utile qu'autant qu'elle ſe trouve circonſcrite dans de juſtes bornes, qu'elle ſe plie aux faits, & n'oppoſe point à des expériences avouées, les écarts d'une imagination quelquefois brillante & ſouvent déréglée. C'eſt dans ce dernier cas, à ce qu'il me ſemble, que tombent beaucoup de Chymiſtes, qui embraſſent une opinion nouvelle, & la Chymie riche, en ce moment, d'un grand nombre de faits, paroît être à la veille de ſubir le ſort qu'éprouva la Médecine d'Hyppocrate, au tems de Paracelſe.

Depuis Stahl, on a tout attribué au phlogiſtique. M. *Meyer* a imaginé l'exiſtence d'une eſpèce d'acide qui paſſe à travers les vaiſſeaux les plus compacts; & cette opinion, quoique peu d'accord avec les faits, & enveloppée d'une obſcurité rebutante, n'a pas laiſſé de trouver quelques défenſeurs:

à peine s'eſt-on occupé de recherches ſur l'air fixé, que les ſentimens des Chymiſtes ſe ſont partagés ; les uns trouvant plus court & plus facile de plier les faits à leur imagination, que de ſoumettre leur imagination aux faits, ſe contentent de nier l'exiſtence de cet air : d'autres, partiſans zélés des nouvelles découvertes, ont tenté d'expliquer les phénomènes les plus brillans & les plus ſinguliers, à l'aide de l'air fixé. *Ces derniers méritent mieux d'être combattus, & ſont d'autant plus dangereux*, que leurs ſentimens portent ſur des faits dont pluſieurs ſont inconteſtables. Il eſt démontré, d'une manière évidente, qu'on retire de l'analyſe des divers corps, des produits volatils fort différens les uns des autres, & qui paroiſſent avoir beaucoup d'analogie avec l'air. Quoique je ſois loin d'imaginer qu'il y ait autant d'airs particuliers qu'il exiſte de corps dans la Nature, je ne m'aviſerai cependant pas de regarder comme identiques tous ceux dont on a parlé juſqu'ici, à moins qu'on ne ſoit parvenu à les mettre dans le même état ; au contraire, je les diſtinguerai ſoigneuſement, parce qu'ils ont, dans le moment où on les a obſervés, des propriétés particulières qui méritent de fixer l'attention des Chymiſtes : ce n'eſt donc que contre ceux qui abuſent des meilleures choſes, au détriment de la ſcience, que je m'élève aujourd'hui. Je ne ſuis ni pour ni contre l'exiſtence de l'air fixé, & comme j'ai dit ce que j'avois vu de particulier dans les recherches que j'ai faites ſur cette ſubſtance, je préſente, avec la même fidélité, quelques Expériences, fruit de mes réflexions ſur le ſyſtême du Docteur *Black* & de ſes partiſans. Elles auront pour objet de faire voir, 1.° que leur opinion ſur la nature de la chaux n'eſt point à l'abri des contradictions ; 2.° de démontrer qu'en général rien n'eſt plus difficile en Chymie, que d'établir une théorie qui généraliſe & raſſemble tous les faits ; 3.° enfin que l'empreſſement de rendre raiſon de tous les phénomènes eſt plus nuiſible qu'utile aux progrès de cette ſcience.

Le Docteur *Black* & les fauteurs de ſa doctrine, diſent que

la pierre calcaire n'eſt autre choſe que de la chaux ſaturée d'air fixé ; que la calcination, en lui enlevant ce principe, lui fait perdre la propriété de faire efferveſcence avec les acides, & lui donne celle de ſe diſſoudre en totalité dans l'eau ; qualités que la chaux communique à ſon tour aux ſels alkalis, qu'on traite avec elle ; qu'enfin, en rendant à ces ſubſtances l'air fixé qu'elles ont perdu, elles retournent à leur premier état, ſoit qu'elles reprennent ce principe qui leur manque, des différens corps qui le perdent dans leur analyſe, ſoit qu'elles le tirent de l'eau ou même de l'athmoſphère ; d'où il ſuit, ſelon eux, que l'air fixé eſt le principe de la ſolidité des corps & la cauſe de l'efferveſcence qui ſe produit dans la plupart des combinaiſons ſalines.

Parmi les Expériences qui établiſſent ce ſyſtême, il y en a un aſſez grand nombre d'exactes pour juſtifier l'Auteur ; mais il y en a trop de douteuſes, pour que ſa doctrine puiſſe eſpérer de réunir tous les ſuffrages.

La première à laquelle je m'arrête, c'eſt à la manière de démontrer la quantité d'air fixé que contient la pierre calcaire. Cette ſubſtance perd, par la calcination, la moitié de ſon poids : M. *Margraff*, qui a opéré cette calcination dans les vaiſſeaux fermés, a vu que cette matière qui ſe perd, étoit incoërcible, & M. *Jacquin*, qui a répété l'Expérience, aſſure que c'eſt de l'air fixé qui ſort du ballon avec ſifflement, & il en évalue la quantité aux $\frac{15}{16}$ ou à-peu-près de la matière évaporée : cependant, comme il n'a pas raſſemblé cette vapeur, ce qu'il avance, à cet égard, n'eſt qu'une pure conjecture. Il penſe que le produit qui s'eſt échappé, ne contenoit que $\frac{1}{16}$ d'eau ; cependant il n'eſt pas impoſſible qu'il en contînt beaucoup davantage, car il n'eſt pas aiſé de diſtinguer l'eau d'avec l'air, lorſqu'elle eſt réduite en vapeurs & dans un état de raréfaction extrême, & il eſt preſque auſſi difficile de retenir l'un de ces corps que l'autre.

La ſeconde Expérience que rapporte M. *Jacquin*, pour

prouver que la pierre calcaire ne contient que $\frac{1}{16}$ d'eau de plus qu'il n'en a reçu dans ſon ballon en la calcinant, me paroît au moins auſſi défectueuſe que la première. Ce Chymiſte n'ayant point donné aſſez de feu pour calciner la pierre calcaire, a cependant trouvé la même quantité de produits humides qu'avoit fourni la pierre calcaire bien calcinée. Il me paroît très-poſſible que cette humidité ſoit ſurabondante à la compoſition de la pierre calcaire, qui peut en être privée ſans ſouffrir aucune décompoſition, comme cela arrive à un grand nombre de ſels, qui, quoique fort difficiles à décompoſer, ſe laiſſent néanmoins enlever très-facilement l'eau de leur cryſtalliſation. Je ne vois, dans cette Expérience, rien qui prouve inconteſtablement que la partie qui reſtoit dans la pierre calcaire & qui auroit dû ſe diſſiper, par la calcination, en vapeurs incoërcibles, fût de l'air fixé pur ou preſque pur; j'ai même tout lieu de préſumer le contraire.

Deſirant calciner la pierre calcaire dans les vaiſſeaux fermés, & meſurer avec exactitude l'air qui en ſortiroit, j'ai pris une once & demie d'un ſpath blanc très-pur, de ceux qui ſe diſſolvent en totalité dans les acides avec effervescence, je l'ai mis dans une cornue de grès que j'ai placée dans un fourneau au feu de reverbère; j'ai ajuſté au col de ma cornue un tuyau de verre qui plongeoit dans l'appareil de hales, corrigé par feu M. *Rouelle*. J'ai eu ſoin d'élever entre le fourneau & le récipient, un petit mur de briques que j'arroſois fréquemment avec de l'eau bien froide, pour empêcher que mon appareil ne vînt à s'échauffer & pour hâter la condenſation de l'air fixé. J'ai pouſſé le feu par degrés; &, au bout de huit heures, je commençai à voir l'eau baiſſer ſous la cloche & l'air ſe dégager; j'eſpérois pouvoir le meſurer, mais mes eſpérances furent trompées, l'eau baiſſa ſi rapidement, que je ne pus jamais parvenir à la faire remonter. Malgré cette apparente abondance d'air fixé, je ne fus pas plus perſuadé que la pierre calcaire fournît une quantité d'air telle que celle qu'on imagine; en voici la raiſon. Lorſque l'eau, qui étoit ſous ma cloche,

baiſſa avec tant de rapidité, les parois de cette cloche étoient chaudes à tel point, qu'on ne pouvoit y porter la main, ce qui ſuffit pour que l'air très-raréfié rempliſſe un eſpace fort conſidérable.

Cette chaleur, en décompoſant le lut gras dont je m'étois ſervi pour fermer les jointures de mes vaiſſeaux, en faiſoit ſortir une grande quantité d'air fixé, qui joignoit à l'odeur gazeuſe qui lui eſt particulière, celle de l'huile de lin qui fait la baſe du lut; je vis même des ſtries de cette huile décompoſée, couler le long du col de mon récipient: j'avois cependant pris ſoin, pour prévenir ces accidens, de couvrir mes luts d'une couche épaiſſe de terre à four & de les renfermer dans l'épaiſſeur du petit mur de briques que j'arroſois d'eau froide à toute minute; mais mes précautions furent inutiles. Cette Expérience, quoique moins heureuſe que je ne l'avois eſpéré, prouve néanmoins que la matière, qui s'élève de la pierre calcaire pendant ſa calcination, pouvoit bien contenir de l'eau réduite en vapeurs très-expanſibles, dont la quantité feroit beaucoup plus que $\frac{1}{16}$ de la maſſe évaporée, & que les luts employés par MM. *Margraff* & *Jacquin*, de quelque nature qu'ils fuſſent, pourroient bien avoir fourni la plus grande partie de l'air qu'ils entendoient ſortir avec ſifflement par la tubulure de leur ballon.

MM. *Macbride* & *Jacquin* prétendent prouver que la pierre calcaire ne perd que de l'air fixé dans ſa calcination, parce que, diſent-ils, il ſuffit de reſtituer à la chaux vive l'air fixé qu'elle a perdu, pour la remettre dans l'état où elle étoit avant ſa calcination: à cet effet, ils font paſſer dans de l'eau de chaux l'air dégagé de quelque corps, l'eau de chaux ſe trouble & il ſe fait un précipité, qui n'eſt que de la craie. Cette Expérience, qui a paru très-concluante à ces Meſſieurs, me ſemble fort défectueuſe: pour qu'elle prouvât en leur faveur, il faudroit qu'ils n'euſſent point employé d'eau, mais ſeulement de la chaux vive & de l'air fixé; car la ſeconde diſtillation de M. *Jacquin* tend à prouver que l'eau n'eſt pas abſolument néceſſaire

à l'exiſtence de la pierre calcaire, puiſqu'elle peut en être privée ſans ſe réduire en chaux: or c'eſt préciſément ce troiſième corps, l'eau que ces Meſſieurs ont regardé comme indifférente, qui joue le plus grand rôle dans leur procédé, comme je m'en ſuis aſſuré par l'Expérience ſuivante.

J'ai pris deux onces de chaux bien vive, &, après les avoir réduites en poudre, je les ai placé dans l'appareil de M. *Macbride*, que j'ai eu l'honneur de préſenter à l'Académie, lors de la lecture de mon dernier Mémoire. Après avoir fait le vide dans mon appareil, je l'ai rempli d'air fixé dégagé d'un mêlange d'acide vitriolique & de ſel alkali de tartre. J'ai laiſſé ma chaux plongée dans cet air pendant trois jours, & j'ai renouvellé trois fois l'air fixé; au bout de ce tems, j'ai retiré ma chaux qui n'étoit point augmentée de poids; au moins de ſix Expériences que j'ai répétée de cette ſorte, je n'ai trouvé de l'erreur qu'une ſeule fois, qui étoit la troiſième; la chaux, après l'Expérience, s'eſt trouvé peſer un demi-gros de plus; mais j'ai tout lieu de préſumer qu'elle n'avoit pas été d'abord peſée avec aſſez de ſoin. J'ai examiné les propriétés de cette chaux, qui avoit été ainſi ſurchargée d'air fixé comparativement à de ſemblable chaux qui n'avoit point été ſoumiſe aux mêmes épreuves; je n'ai trouvé aucune différence dans la manière dont ces deux chaux ſe ſont comportées avec l'eau & les ſels acides; toutes deux ont également décompoſé le ſel ammoniac ſans le ſecours du feu, & j'ai tiré, en diſtillant ſéparément chacun des mêlanges, une quantité égale d'alkali volatil, qui ne faiſoit point du tout d'effervеſcence avec les acides: d'où je conclus qu'il ne ſuffit pas de rendre à la chaux de l'air fixé pour la convertir en craie, qu'il faut un intermède pour que cette union ſe faſſe, & que cet intermède eſt l'eau. J'ajouterai encore que l'eau, aidée même du ſecours de l'air athmoſphérique, ne ſuffit pas pour opérer ce changement, qu'il faut encore y joindre l'air fixé, dégagé de quelque corps dans l'inſtant de ſa décompoſition, & que M. *Black* ſe trompe lorſqu'il aſſure que la crême ſaline de la chaux ne perd ſa diſſolubilité & ne devient concrète,

que

que parce qu'elle reprend l'air fixé, qui étoit contenu dans l'eau, ou même celui qui étoit répandu dans l'athmoſphère.

J'ai pris de la crême ſaline, enlevée avec précaution, de deſſus l'eau de chaux, & que j'avois gardé pendant ſix années, dans un bocal découvert. Cette crême de chaux faiſoit une vive efferveſcence avec les acides, & ce n'eſt qu'en ce point qu'elle m'a paru différer de la chaux vive; j'en ai mêlé trois parties avec une partie de ſel ammoniac, il s'eſt dégagé, pendant le mêlange, un eſprit alkali volatil très-pénétrant, &, par la diſtillation, j'ai obtenu de l'alkali volatil fluide, qui ne faiſoit aucune efferveſcence avec les acides.

J'ai pris trois parties de chaux éteinte à l'air, & que je conſervois depuis ſix années dans un vaiſſeaux découvert & dans un lieu bas fort humide, je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac; il s'eſt dégagé, dans l'inſtant du mêlange, beaucoup d'alcali volatil fort pénétrant, & je n'ai obtenu, par la diſtillation, que de l'eſprit alkali volatil, qui ne faiſoit pas la plus légère efferveſcence avec les acides. La chaux lavée, employée de la même manière, m'a donné les mêmes réſultats. Je conclus de ces faits, 1.° que la crême ſaline, la chaux éteinte, & la chaux lavée employée, quoique ſaturées d'eau, & ayant eu le tems de reprendre de cette eau & de l'athmoſphère tout l'air fixé qu'elles pouvoient y trouver, étoient encore fort éloignées de l'état de craie & avoient beaucoup plus des propriétés de la chaux vive; 2.° que les propriétés attribuées à l'air fixé ne ſont pas conſtantes, & que même elles ſont indépendantes les unes des autres, puiſque la crême ſaline de la chaux, la chaux éteinte & la chaux lavée qui ont perdu leur diſſolubilité & qui font efferveſcence avec les acides, ont néanmoins la propriété de décompoſer le ſel ammoniac, de la même manière que le fait la chaux vive; 3.° que ſi ces ſubſtances reprennent de l'air fixé, ſoit de l'eau, ſoit de l'athmoſphère, cela n'a lieu qu'après un tems bien long & rentre dans l'ordre de ces altérations que la Nature produit d'une

manière lente & que nous ne pouvons pas ſuivre; 4.° Enfin que ce n'eſt qu'à la faveur de l'eau, que l'air fixé ſe combine à la chaux pour la convertir en terre calcaire; en ſorte que, loin de penſer, avec le Docteur *Black* & les partiſans de ſa doctrine, que cette terre n'eſt que de la chaux rendue douce par l'air fixé, je ſerois tenté de préſumer que c'eſt une combinaiſon de terre, d'eau & d'air fixé dans une proportion qui ne nous eſt pas connue. Je ſais que quelques Chymiſtes y admettent du phlogiſtique, pluſieurs même atteſtent qu'elle en contient aſſez pour réduire les chaux métalliques. Voici une Expérience, qui n'eſt pas favorable au ſentiment de ces derniers. J'ai pris une once d'un ſpath blanc diſſoluble en entier dans les acides avec efferveſcence, je l'ai miſe dans une cornue de grès que j'ai placée dans un fourneau de reverbère, j'ai ajuſté au col de la cornue un ballon, que j'avois mouillé en-dedans pour y faire tenir une légère couche de *Minium*; j'ai pouſſé le feu par degrés juſqu'à ce qu'il ſe dégageât de l'air fixé: à peine cet air commençoit à ſortir, que le *minium* devint jaune & paſſa là l'état de maſſicot. Ayant alors eſſayé d'aſpirer l'air qui ſe dégageoit, je fus frappé d'une odeur forte d'huile de lin, & je m'apperçus que le lut gras dont je m'étois ſervi pour joindre mon ballon à la cornue, ſe décompoſoit par la chaleur, & fourniſſoit une grande quantité d'air fixé & de matière graſſe à laquelle pouvoit être attribué le commencement de réduction que j'avois apperçu par l'altération de la couleur du *minium*.

Je recommençai mon opération, en ne me ſervant pour lût que de terre à four détrempée avec de l'eau; je parvins à calciner la pierre calcaire ſans que le *minium* éprouvât aucune altération dans ſa couleur; ce qui me fait croire que la réduction des chaux métalliques attribuée à la pierre calcaire, peut dépendre de quelques circonſtances auxquelles on ne fait pas une aſſez ſérieuſe attention dans l'opération. J'ajouterai ici une réflection au ſujet de la décompoſition du ſel ammoniac par la chaux. M. *Duhamel*, dans l'excellent Mémoire

inſéré parmi ceux de l'Académie pour l'année 1735, paroît diſpoſé à croire que la chaux agit ſur l'alkali volatil en lui enlevant une matière graſſe : ſon opinion eſt établie ſur des faits ſans nombre & bien avérés. M. *Baumé*, en répondant à un problême inſéré dans le Journal de Médecine du mois d'Octobre 1762, par lequel on propoſoit de tirer du ſel alkali volatil concret en décompoſant le ſel ammoniac par la chaux, a indiqué un procédé qui revient à ceux qu'avoit employés M. *Duhamel* ; il conſiſte à charger la chaux d'une ſuffiſante quantité de matière graſſe, en la calcinant avec le ſang de bœuf, à-peu-près comme on prépare l'alkali phlogiſtiqué, dont on ſe ſert pour précipiter le fer dans l'état de bleu de Pruſſe. J'ai obſervé auſſi pluſieurs fois, que les matières graſſes donnoient au produit du ſel ammoniac diſtillé avec la chaux, la propriété de faire efferveſcence avec les acides, & quelquefois même en mettoient une partie dans l'état de ſel concret. Il ſuffit, pour que ces phénomènes arrivent, qu'un degré de chaleur un peu fort décompoſe les luts ou qu'on ait employé du ſel ammoniac trop chargé de fuliginoſités & de matières graſſes : c'eſt pourquoi, lorſqu'on veut réuſſir à avoir un alkali bien cauſtique & bien pur, il faut n'employer que du ſel ammoniac purifié par la cryſtalliſation, faire en ſorte que rien ne paſſe des luts dans le ballon, & même, pour plus de ſûreté, ne lutter qu'avec pluſieurs bandes de papier enduit de colle.

Quoique les matières graſſes dénaturent le produit qu'on a coutume de retirer en décompoſant le ſel ammoniac par la chaux, il ne me paroît pas entièrement prouvé que ce ſoit en qualité de corps gras, mais plutôt parce que ces matières produiſent de l'air fixé qui ſe recombine avec l'alkali volatil. J'ai pris du ſavon blanc fait avec ſoin, & un ſavon que j'avois préparé avec l'alkali volatil cauſtique, je les ai diſſous ſéparément dans une quantité ſuffiſante d'eau diſtillée, je les ai décompoſés par tous les acides, ſans qu'il ſe ſoit produit la moindre efferveſcence : j'ai diſtillé ſéparément ces mêmes ſavons,

& j'en ai retiré des eſprits alkalis volatils très-effervescens & point du tout cauſtiques. Le charbon du ſavon blanc ordinaire contenoit une grande quantité d'alkali fixe, qui faiſoit effervescence avec les acides: l'huile ſe trouvoit-elle en trop grande quantité dans les ſavons pour empêcher la jonction immédiate de l'acide & de l'alkali, & conſéquemment l'effervescence, tandis qu'elle s'eſt trouvée dans les produits diſtillés en aſſez juſte proportion, pour les mettre dans l'état où on trouve ordinairement les ſels alkalis, ou bien l'air fixé dégagé de l'huile dans la diſtillation du ſavon? a-t-il rendu aux alkalis la propriété de faire effervescence? c'eſt ce que je n'oſerois décider.

Comme, dans le ſyſtême du Docteur *Black*, on attribue à la privation de l'air fixé, les altérations qu'éprouve l'alkali volatil dans la décompoſition du ſel ammoniac par la chaux, je voulus voir ſi les matières métalliques dont on ne tire point d'air fixé proprement dit, mais une eſpèce de gas inflammable, qui ne produit aucun changement ſur l'alkali volatil cauſtique, ainſi que je l'ai fait remarquer dans mon dernier Mémoire, ſépareroient l'alkali volatil du ſel ammoniac ſans le dénaturer; je répétai, avec la plus ſcrupuleuſe attention, les procédés par leſquels on fait les ſubſtances connues ſous les noms d'*ens martis* & d'*ens veneris*, en employant chacune des ſubſtances métalliques à la même doſe à laquelle on a coutume d'employer la chaux: j'ai donc pris trois parties de limaille d'acier & une partie de ſel ammoniac en cryſtaux bien purs & bien ſecs; j'ai mêlé exactement ces deux ſubſtances, il s'eſt produit un peu de chaleur dans l'inſtant du mélange; mais il ne s'eſt point dégagé d'alkali volatil; j'ai diſtillé dans une cornue de verre bien nette à laquelle j'avois adapté un récipient de verre également bien net lutté d'un ſimple papier enduit de colle: j'ai retiré un alkali volatil fluide, mais qui faiſoit avec les acides une très-vive effervescence. Pendant le progrès de la diſtillation, il s'eſt dégagé une telle quantité de vapeurs élaſtiques, que mon recipient s'eſt briſé avec

éclat : j'ai recommencé la même opération en conduiſant le feu bien lentement, & ayant ſoin de donner à tout moment iſſue à ces vapeurs, qui auroient infailliblement fait éclater mon ballon ; car j'ai vu peu de diſtillation où il s'en produisît autant & d'auſſi expanſibles. J'ai obtenu, cette ſeconde fois, une très-grande quantité d'alkali volatil d'une couleur ambrée, d'une odeur très fétide, & qui faiſoit une efferveſcence très vive avec tous les acides ; il ne s'eſt preſque point ſublimé de ſel ammoniac au col de la cornue, parce que j'avois conduit le feu avec beaucoup de ménagement.

J'ai pris, pour faire l'*ens veneris*, trois parties de la matière qui reſte dans la cornue, après la diſtillation des cryſtaux de *Verdet* & qu'on ſait être un cuivre très diviſé, mais qui n'eſt pas dans l'état de chaux ; je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac : ce mêlange a été accompagné d'une chaleur beaucoup plus forte que celle qui ſe produit dans le mêlange du ſel ammoniac avec le fer ; mais il ne s'eſt dégagé aucune vapeur d'alkali volatil. J'attribue l'augmentation de chaleur à l'état de diviſion extrême dans lequel étoit le cuivre que j'ai employé, ce qui donne de la priſe au ſel ſur le métal : j'ai diſtillé avec les précautions que j'avois priſes dans l'opération précédente, j'ai obtenu un alkali volatil fluide teint en bleu par une portion de cuivre ; cet alkali faiſoit efferveſcence avec tous les acides.

Je ne crois pas, que dans ces Expériences, on puiſſe dire que les matières métalliques aient enlevé à l'alkali volatil ſon air fixé, & lui aient fait perdre, par ce moyen, ſon état de concrétion, puiſque l'efferveſcence que cet alkali produit avec les acides, prouve qu'il a retenu ce principe, qui, dans le ſyſtême du Docteur *Black*, eſt auſſi-bien la cauſe du mouvement d'efferveſcence que de la ſolidité. Si on objecte que l'alkali volatil n'a perdu qu'une partie de cet air, je répondrai que cette partie perdue s'eſt diſſipée ou qu'elle s'eſt reportée ſur le réſidu : or l'air fixé n'eſt pas plus diſpoſé à ſe perdre dans cette diſtillation que dans celle du ſel ammoniac avec la craie, &

les matières métalliques ne ſe combinent point dans leur état naturel avec l'air fixé qui ſe dégage des ſubſtances ſalines ; il faut néceſſairement, pour s'unir à ce principe, qui leur eſt étranger, qu'elles changent de forme & deviennent chaux. Le Docteur *Black* a déjà prétendu que l'augmentation de poids des chaux métalliques précipités des acides par les ſels alkalis, n'étoit dûe qu'à l'air fixé de ces alkalis qu'elles auroient abſorbé. C'eſt à de ſemblable air fixé qu'il attribue la propriété de l'or fulminant : s'il eſt vrai que les chaux métalliques ſoient ſurchargées d'un air fixé ſemblable à celui qui ſe dégage des ſubſtances ſalines, elles doivent agir ſur le ſel ammoniac bien différemment des chaux pierreuſes & des ſubſtances métalliques, & d'une manière tout-à-fait analogue à celle des pierres calcaires : or l'Expérience m'a montré le contraire, les chaux métalliques agiſſent d'une façon qui leur eſt propre, & qui tient de l'action des chaux pierreuſes & de l'action des ſubſtances métalliques.

J'ai précipité une diſſolution nitreuſe mercurielle par le moyen du ſel alkali de tartre ; j'ai fait bouillir le précipité dans une grande quantité d'eau diſtillée, &, après l'avoir bien fait ſécher, j'en ai mêlé trois parties avec une partie de ſel ammoniac en cryſtaux bien purs & bien ſecs : il s'eſt dégagé à l'inſtant du mêlange, une quantité conſidérable de vapeurs d'alkali volatil ; j'ai diſtillé le mêlange dans des vaiſſeaux de verre bien nets & luttés d'un ſimple papier enduit de colle, j'ai obtenu une bonne quantité d'alkali volatil fluide & faiſant effervescence avec tous les acides. Je m'attends bien que ceux des Chymiſtes, qui penſent que les précipités participent aux propriétés des ſubſtances, qui ont opéré leur précipitation, ne manqueront pas de me dire que le mercure, dans cette opération, n'a pas agi d'une manière différente des ſubſtances métalliques, que les vapeurs d'alkali volatil qui ont été dégagées dans le tems du mêlange, annoncent que le précipité contenoit un reſte d'alkali fixe dont la décoction ne l'avoit pas entièrement privé.

Pour répondre à cette difficulté, je pris du *minium*, qui eſt une chaux faite par la ſeule action du feu ; j'en mêlai trois parties avec une partie de ſel ammoniac en cryſtaux bien purs & bien ſecs, dans l'inſtant du mêlange, il s'eſt exhalé une grande quantité de vapeurs d'alkali volatil très-pénétrant ; j'ai diſtillé avec les précautions indiquées plus haut, j'ai obtenu pareillement de l'alkali volatil fluide & qui faiſoit effervescence avec tous les acides.

Enfin je me ſuis ſervi d'une chaux métallique calcinée par le nitre, j'ai pris trois parties d'antimoine diaphorétique bien lavé & bien blanc, je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac ; il s'eſt dégagé beaucoup d'alkali volatil dans l'inſtant du mêlange, &, par la diſtillation, j'ai obtenu de l'alkali volatil fluide qui faiſoit effervescence avec tous les acides.

Ces Expériences me ſemblent établir que les chaux métalliques, loin de contenir plus d'air fixé que les métaux, paroiſſent en contenir moins, s'il eſt poſſible de le dire, puiſqu'elles agiſſent, à certains égards, à la manière des chaux pierreuſes.

Au reſte, je conclus, d'après ces faits que j'ai vérifiés pluſieurs fois, qu'on ne ſauroit aſſez prendre garde aux circonſtances des opérations, que l'empreſſement de donner des choſes neuves empêche de voir ce qui ſe paſſe, qu'on ne choiſit que ce qui s'accorde avec le ſyſtême qu'on s'eſt formé, qu'en particulier un grand nombre de faits que le Docteur *Black* a avancés ſur l'air fixé, ne ſont rien moins que prouvés.

Si on me reproche que, dans ce Mémoire, je ne fais que détruire au-lieu d'édifier, je trouverai ma défenſe dans le goût de l'Académie, qui n'admet de découvertes que celles qui ſont bien avérées, de phénomènes, que ceux dont toutes les circonſtances ont été ſoigneuſement examinées, & qui préfère la vérité des faits aux hypothèſes les plus brillantes.

ANALYSE DE LA ZÉOLITE.

Par M. BUCQUET.

QUOIQUE ſouvent les ſoins que ſe donnent les Naturaliſtes, pour découvrir les richeſſes que la terre renferme dans ſon ſein, n'aient d'autre but que de ſatisfaire la curioſité; ce n'eſt pas cependant le ſeul fruit qu'ils tirent de leurs recherches. Elles ont un avantage plus précieux, celui de fournir aux hommes la plupart des biens dont ils jouiſſent; on pourroit peut-être même ſe flatter, que de toutes les ſubſtances que découvre l'Hiſtoire Naturelle, il ne s'en trouveroit pas une qui ne pût être employée utilement, ſi les Chymiſtes euſſent travaillé à nous faire connoître, par des analyſes exactes, la nature & les propriétés de tous les corps: mais, ſans oſer prétendre à de ſi grands avantages, il paroît au moins certain, que ſi l'Hiſtoire Naturelle offre aux Chymiſtes beaucoup de ſujets de recherche, la Chymie peut, à ſon tour, jeter un grand jour ſur l'Hiſtoire Naturelle & ſur-tout ſur celle des ſubſtances minérales.

C'eſt un fait connu de tous les Savans, que quelques légères différences dans les formes, ont ſouvent engagé les Méthodiſtes à ſéparer des objets de même nature, & à rapprocher dans une même claſſe, des individus qui n'ont entr'eux qu'une reſſemblance extérieure, quelquefois même aſſez peu marquée.

Dans le deſſein de concourir, autant qu'il eſt en mon pouvoir, à éclaircir l'hiſtoire du règne minéral, au moins celle qui s'apprend

s'apprend dans les cabinets, & que je ne confonds pas avec les connoiſſances qu'on acquiert en étudiant la Nature dans les lieux mêmes où elle travaille, je me ſuis propoſé d'examiner avec ſoin les ſubſtances minérales dont les propriétés ne nous ſont point connues, ou du moins ne le ſont que fort peu. Si mon travail peut être de quelque utilité, j'en ſerai redevable au zèle d'un Savant illuſtre, M. le Duc *de la Rochefoucauld*, qui s'applique avec une ardeur égale à l'étude de l'Hiſtoire Naturelle & à celle de la Chymie, & qui a bien voulu me ſecourir en m'aidant dans mes recherches, & en ſacrifiant à des Expériences chymiques, les échantillons les plus beaux & les mieux caractériſés de ſon Cabinet.

Je commencerai par rendre compte de l'examen chymique de la Zéolite. Si les faits que je préſente ſont peu abondans, & s'ils ne ſont pas parfaitement liés avec les théories générales de la Chymie, j'eſpère que l'Académie voudra bien m'excuſer, elle ſait trop combien la marche eſt lente dans des recherches de cette nature, ſur-tout lorſqu'on veut qu'elle ſoit aſſurée, & qu'on ne s'empreſſe pas de conclure ſur des apparences légères & ſouvent trompeuſes ; elle ſait également combien les théories chymiques ont de peine à cadrer avec les faits nouveaux.

M. *Crouſtedt* eſt le premier, qui nous ait fait connoître la Zéolite, dans les Actes de l'Académie de Suède, pour l'année 1756. Il la compare au ſpath pour la dureté, parce qu'elle ne donne pas d'étincelles lorſqu'on la frappe avec l'acier. Il obſerve néanmoins que cette ſubſtance ne fait pas efferveſcence avec les acides, comme les ſpaths calcaires, & qu'elle ſe durcit avec les acides lorſqu'ils ſont trop concentrés. Selon M. *Crouſtedt*, la Zéolite chauffée à la lampe d'émailleur, bouillone comme le borax, ſes parties ſe ſéparent, elle paroît blanche & comme ſpongieuſe, elle donne une lumière phoſphorique, enfin elle ſe fond en un verre qui eſt d'abord blanc & qui, à un plus grand coup de feu, devient tranſparent.

M. *Crouſtedt* a examiné deux eſpèces de Zéolites, une parfaitement blanche, venant d'Iſlande, qui eſt plus difficile à fondre, quoiqu'elle ſe vitrifie parfaitement avec le ſel de ſoude & le ſel fuſible d'urine ; l'autre, tirant ſur le jaune, venant de Laponie. Cette dernière a paru à notre Auteur tenir un peu de cuivre : elle ſe fondoit ſans addition en la ſoufflant ſur un charbon avec un chalumeau. M. *Crouſtedt* ne diſtingue la Zéolite du ſpath, que parce qu'elle ſe fond & ſe vitrifie avec le ſel de ſoude. Mais M. le Baron d'*Holbach* obſerve très-judicieuſement que ce caractère ne diſtingue pas ſuffiſamment les deux ſubſtances, puiſque l'expérience fait voir que tous les ſpaths calcaires ſe fondent & ſe vitrifient avec toutes les ſubſtances ſalines employées par M. *Crouſtedt*. Il préſume que la Zéolite pourroit bien n'être qu'un mêlange de ſpath fuſible & d'un peu d'alun : il attribue à la première de ces deux ſubſtances, la fuſibilité & la propriété phoſphorique, & à la ſeconde, le bourſouflement qu'éprouve la Zéolite, lorſqu'on eſſaie de la fondre.

Les Expériences que je vais rapporter, me font croire que la Zéolite eſt une ſubſtance d'une nature toute particulière, & qui ne peut être aſſimilée à aucune ſubſtance connue, pas même à l'argille avec laquelle pluſieurs Minéralogiſtes ont voulu la ranger, ni au ſpath, au nombre deſquels M. le Chevalier *Vou-linné* l'a miſe ſous le nom de *Stalactites ſpathoſus rufeſceus*, donnant comme caractère particulier à cette ſubſtance la propriété qu'elle a de faire une gelée lorſqu'on la diſſout dans les acides ; caractère qui ſe retrouve dans le lapis-lazuli, que le même Auteur regarde comme une ſorte de Zéolite.

M. *Crouſtedt*, dans ſa nouvelle Minéralogie, ne compte que trois eſpèces de ce genre ; ſavoir, la Zéolite blanche, la Zéolite verte & la Zéolite rouge.

L'eſpèce ſur laquelle j'ai opéré, eſt parfaitement blanche, elle eſt cryſtalliſée en longs filets ſoyeux, qui ſe réuniſſent en un

centre commun: elle vient de l'Iſle de Feroë, & ſe trouve ſouvent mêlée d'un peu de terre ochracée rougeâtre; on en rencontre auſſi ſur la Chalcédoine.

1.° J'ai placé un morceau de Zéolite peſant une once, dans un creuſet d'Allemagne fermé de ſon couvercle & lutté avec la terre à four; j'ai mis le creuſet entre les charbons, dans un fourneau d'un pied de large ſur un pied de hauteur; j'ai porté le feu au plus haut degré de violence, à l'aide d'un fort ſoufflet de quatre pieds de long ſur deux pieds & demi de large; je l'ai entretenu pendant une heure & demie: au bout de ce tems, j'ai laiſſé tomber le feu, & ayant retiré le creuſet, je l'ai trouvé bien entier, mais ſoudé avec ſon couvercle & ſon ſupport: la Zéolite étoit fondue en un verre peu compact, laiteux dans ſa plus grande partie & tranſparant dans quelques endroits. Le verre, quoique ſpongieux, a fait feu lorſqu'on l'a frappé avec l'acier, & je n'ai pu y découvrir aucune qualité phoſphorique.

2.° J'ai pris une demi-once de Zéolite, que j'ai miſe dans un creuſet d'Allemagne; j'ai placé le creuſet ſous une moufle que j'avois établie au milieu d'un fourneau à vent ſemblable à celui dont s'eſt ſervi M. *Pott*, pour ſes Expériences de Lithogéognoſie, avec les additions & corrections indiquées par M. *Macquer*. Le feu a été pouſſé par degrés & ſoutenu dans ſa plus grande violence pendant près de trois heures; au bout de ce tems, je l'ai laiſſé tomber: tout étant refroidi, j'ai trouvé la moufle affaiſſée & fondue en pluſieurs endroits, principalement dans ſon adhérence avec les briques qui lui ſervoient de ſupport. La terre que j'avois employée pour fixer les briques au fourneau & à la moufle, étoit parfaitement fondue; le creuſet n'avoit ſouffert aucune altération, mais la Zéolite ſe trouva fondue en un verre blanc opaque & fort dur: ce verre étoit couvert en quelques endroits d'un enduit de verre noir, dont j'attribue la formation à la terre ochracée, qui recouvroit la Zéolite en quelques parties. Le verre de Zéolite a donné des

étincelles avec l'acier, mais il n'eſt nullement phoſphorique : quelque violent que ſoit le feu qu'on donne à l'aide du fourneau de M. *Macquer*, il ne m'a pas paru excéder celui du fourneau à ſoufflet dont je me ſuis ſervi pour ma première Expérience. J'eſpère avoir inceſſamment l'honneur de préſenter à l'Académie pluſieurs ſubſtances qui ont été parfaitement fondues dans mon fourneau à ſoufflet, & qui n'ont point été altérées dans celui de M. *Macquer*. A l'égard de la Zéolite, elle a éprouvé à-peu-près la même altération dans l'un & dans l'autre.

M. d'*Arcet*, en publiant, dans le Journal de Médecine du mois de Janvier 1773, le réſultat de ſes nouvelles tentatives ſur le diamant, rapporte avoir fondu la Zéolite en un verre d'émail. Cette Expérience, qui s'accorde parfaitement avec celles que j'ai rapportées plus haut, démontre que cette ſubſtance eſt fort différente des pierres quartzeuſes & autres, que les Naturaliſtes nomment vitrifiables, puiſque M. d'*Arcet* a fait voir que ces pierres étoient les ſeules qui ne pouvoient ſe fondre ſans addition.

La Zéolite, ſoit en maſſe, ſoit réduite en poudre, ne fait point d'effervеſcence avec les acides : ainſi, il eſt aiſé de ſoupçonner qu'elle n'eſt point de nature calcaire, cependant dans l'intention de m'en aſſurer davantage.

3.° J'ai pris une once de Zéolite groſſièrement concaſſée ; je l'ai introduite dans une cornue de verre, que j'ai placée dans un fourneau de reverbère ; j'ai ajuſté un récipient, que j'ai lutté avec du papier enduit de colle ; j'ai chauffé par degrés : au bout d'une demi-heure, j'ai apperçu les vaiſſeaux légèrement obſcurcis par des vapeurs aqueuſes ; à ces vapeurs ont ſuccédé des gouttes qui ſe ſuivoient à-peu près de minute en minute ; lorſqu'elles ont ceſſé, j'ai élevé le feu juſqu'à bien rougir la cornue qui s'eſt ſenſiblement déformée, mais ſans ſe fondre. L'opération a duré quatre heures, & le feu a été très-fort pendant près de deux heures : il ne s'eſt pas dégagé d'air

ni de vapeurs élaſtiques ſenſibles ; le produit que j'ai retiré du ballon étoit limpide, il avoit une ſaveur très-légèrement ſtiptique, qui s'eſt perdue en le laiſſant expoſé à l'air, & une odeur ſenſiblement empyreumatique, que je crois devoir attribuer au lut dont je m'étois ſervi : le produit peſoit un gros & demi & quelques grains ; il n'altéroit pas la couleur du papier bleu ni celle du ſyrop de violette ; les acides & les alkalis n'y ont produit aucun changement, &, étant expoſé à l'air, il s'eſt évaporé ſans laiſſer de réſidu : la matière, qui étoit reſtée dans la cornue, avoit conſervé toute ſa forme, elle avoit ſeulement perdu de ſon brillant & étoit ſi friable, que les morceaux ſe réduiſoient facilement en poudre en les frottant entre les doigts. Cette matière peſoit ſix gros & demi & quelques grains : or ce poids ajouté à celui du produit, prouve qu'il ne s'étoit rien ou preſque rien perdu pendant l'opération, que la Zéolite contient un peu plus des $\frac{3}{16}$ de ſon poids d'eau, qu'elle perd par une chaleur aſſez douce, & que cette eau contribue à lui donner la ſolidité & le brillant cryſtallin.

La Zéolite qui a été privée d'eau par la diſtillation, étant expoſé à l'air, n'y éprouve aucun changement ; elle n'eſt donc pas dans l'état de chaux. Comme on paroît objecter que le degré de feu que j'ai employé n'eſt pas aſſez fort pour décompoſer cette matière, & qu'il ne fait que lui enlever ſon eau ſurabondante, comme cela arrive à la pierre à chaux, qui n'a pas été ſuffiſamment calcinée : je répondrai, 1.° qu'aucune pierre calcaire ne donne autant d'eau par la diſtillation ; 2.° qu'aucune n'acquiert la friabilité que j'ai trouvé dans la Zéolite ; 3.° qu'ayant expoſé la Zéolite à un feu plus fort dans un creuſet ſous la mouffle d'un fourneau de coupelle, pendant deux heures, cette ſubſtance n'a pas plus pris les caractères de la chaux, qu'elle s'eſt ſeulement agglutinée & un peu durcie : dans cet état, elle n'eſt nullement phoſphorique ; elle ne s'échauffe point avec l'eau, ne produit pas d'effervеſcence avec les acides, & lorſqu'on la triture avec le ſel ammoniac, elle ne

dégage point d'alkali volatil. Cela ſuffit, je penſe, pour prouver que la Zéolite n'eſt point une ſubſtance calcaire.

La Zéolite eſt-elle une matière argilleuſe? Pluſieurs Minéralogiſtes l'ont penſé, je l'ai cru moi-même, d'après la reſſemblance de ſon tiſſu avec celui de l'asbeſte & de l'amiante, qu'on regarde comme des pierres argilleuſes; mais je crois cette opinion mal-fondée; 1.° les verres qu'on obtient en fondant la Zéolite ne ſont pas colorés comme ceux qu'on fait avec l'asbeſte & l'amiante; 2.° les pierres argilleuſes ſe durciſſent en ſéchant, & les morceaux de terre-glaiſe deſſéchés ne peuvent être mis en poudre que difficilement; la Zéolite eſt, au contraire, fort diſpoſée à ſe bourſoufler; 3.° l'argille acquiert un très-grand degré de dureté, la Zéolite devient très-friable; 4.° enfin les argilles ont un plus ou moins grand degré de liant; la Zéolite, ſoit en ſubſtance, ſoit après avoir été deſſéchée, n'en a aucun.

Au reſte, ſi ces faits ne paroiſſent pas concluans, je vais ajouter quelques Expériences, qui acheveront d'éclaircir la queſtion.

4.° J'ai mis une demi-once de Zéolite en poudre très-fine, dans douze onces d'eau diſtillée, que j'ai fait bouillir pendant environ un quart d'heure: ayant filtré la décoction, j'ai fait ſécher la matière qui étoit reſtée ſur le filtre, elle s'eſt trouvée abſolument de même poids qu'avant d'avoir été miſe dans l'eau; j'ai fait évaporer la liqueur filtrée dans un vaiſſeau bien net à une chaleur très-douce & comparativement à une égale quantité d'eau diſtillée, elle n'a laiſſé aucun réſidu.

La décoction de Zéolite n'altère pas la couleur du ſyrop de violettes & n'eſt pas altérée par les alkalis.

On peut conclure de-là, que la Zéolite n'eſt point un ſel; & que même elle ne contient rien de ſalin, fort différente en cela des argilles que M. *Baumé* a dit être des ſels diſſolubles dans l'eau, différente auſſi des ſpaths ſéléniteux & des ſpaths

fusibles, les premiers dissolubles dans l'eau, comme l'a fait voir M. *Margraff*, & formés par l'union de l'acide vitriolique à la terre calcaire; les seconds étant, au rapport de M. *Boulanger*, dans l'Analyse des spaths fluors qu'il vient de publier, des sels à base terreuse, dans la composition desquels entre un acide particulier, qu'il nomme *acide spathique*, & qui paroît avoir des propriétés communes avec l'acide marin.

A l'égard de l'alun, que M. le Baron d'*Holbach* présume se trouver dans la Zéolite, je n'ai rien vu qui puisse appuyer cette conjecture; je crois pouvoir assurer que la Zéolite n'est ni une terre vitrifiable, ni une terre calcaire; ni une terre argilleuse, ni une matière saline.

Il restoit à examiner si cette substance n'étoit pas une terre métallique dans l'état de spath, & telle à-peu-près, que se trouvent le plomb dans la mine de plomb blanche, & le fer dans les mines de fer blanche.

5.° Pour m'en assurer, j'ai pris une once de Zéolite, &, après l'avoir mêlé exactement avec le double de son poids de flux noir, j'ai mis le tout dans un creuset d'Allemagne fermé de son couvercle & lutté avec la terre à four: j'ai tenu ce creuset pendant une heure dans le fourneau que j'avois employé pour ma première Expérience; au bout de ce tems, j'ai laissé tomber le feu, & mon creuset étant refroidi, je l'ai cassé & j'ai trouvé un beau verre dur, bien transparant & de couleur verte, mais sans aucun culot métallique; je n'attribue pas même la couleur du verre à autre chose qu'au flux dont je m'étois servi, lequel contenoit du phlogistique en abondance; principe qui donne de la couleur à tous les verres; peut-être même y entroit-il une portion de terre martiale, qui se trouve unie à presque tous les échantillons de Zéolite, & dont le tartre qui entre dans le flux noir, n'est jamais exempt; mais je ne crois pas que la Zéolite soit de nature métallique, puisque tous les verres qu'elle donne, lorsqu'on la fond sans addition, sont blancs comme de l'émail; d'ailleurs, dans les Expériences que je

vais rapporter, cette ſubſtance n'a rien fourni qui puiſſe le faire croire.

Les ſels acides attaquent la Zéolite lorſqu'ils ne ſont pas trop concentrés ; car autrement ils la durciſſent ainſi que l'a dit M. Crouſtedt.

M. le Chevalier *Vou-linné* dit, que la Zéolite forme, avec l'acide vitriolique affoibli, une eſpèce de gelée ; mais il ne dit pas à quoi eſt dûe la production de ce phénomène. C'eſt ce que je vais tâcher d'éclaircir.

Ayant mis quatre onces de Zéolite en poudre dans huit onces d'huile de vitriol médiocrement concentrée, il s'eſt produit un aſſez grand degré de chaleur, & au bout de ſix heures la maſſe étoit en conſiſtance d'une gelée blanche de couleur d'opale & bien tremblante. Cette maſſe, expoſée à l'air, en a attiré l'humidité ſenſiblement ; l'ayant examiné au bout de deux années, j'ai trouvé des maſſes aſſez conſidérables de cette gelée nageantes dans une liqueur épaiſſe & acide ; j'ai ſéparé cette liqueur par le moyen du filtre & j'en ai retiré, par l'évaporation, un ſel vitriolique de Zéolite, ſemblable à celui que je ferai connoître dans l'inſtant : ce ſel étoit avec excès d'acide ; j'ai pris la maſſe gélatineuſe, qui étoit reſtée ſur le filtre, je l'ai lavée dans pluſieurs eaux diſtillées juſqu'à ce que ce fluide refusât d'en diſſoudre : il eſt reſté environ un quart, c'eſt-à-dire, une once de Zéolite qui n'étoit pas ſalin. Les leſſives de la matière mucilagineuſe m'ont donné, par l'évaporation, le même ſel que j'avois obtenu en évaporant la liqueur acide qui ſurnageoit le mucilage ; mais ce dernier ne contenoit pas une auſſi grande ſurabondance d'acide que le premier. Ces tentatives me firent ſoupçonner que le produit gélatineux qu'on obtenoit en diſſolvant la Zéolite, n'étoit que l'état paſſager d'une combinaiſon qui n'eſt pas bien parfaite : on voit, en effet, que l'humidité de l'air ſuffit pour détruire en partie la conſiſtance gélatineuſe de cette combinaiſon, &

que

que l'eau achève de la détruire, en la mettant dans l'état ordinaire d'une diſſolution ſaline capable de cryſtalliſer lorſqu'on enlève au ſel une portion de l'eau qui le tenoit diſſous. Je penſai donc que la production du mucilage ne dépendoit que de ce que l'acide vitriolique, appliqué à une maſſe de Zéolite un peu conſidérable, s'échauffoit & l'attaquoit vivement, mais en partie ſeulement, & que le ſel qui en réſultoit, cryſtalliſoit d'une manière prompte & pêle-mêle avec la portion de Zéolite & d'acide qui n'étoient pas combinés, puiſqu'en délayant ſuffiſamment le mêlange, je venois à bout de ſéparer la portion ſaline d'avec celle qui ne l'étoit pas.

7.° Pour lever tous mes doutes, à cet égard, j'ai pris une demi-once de Zéolite réduite en poudre, j'ai verſé deſſus une once d'huile de vitriol bien blanche & bien concentrée, il ne s'eſt pas produit de chaleur ſenſible, & l'huile de vitriol ne s'eſt point colorée : la Zéolite s'eſt aſſez ſenſiblement durcie ; au bout de quatre heures, j'ai ajouté une once d'eau diſtillée, le mêlange s'eſt échauffé, il s'eſt dégagé des vapeurs, mais elles n'avoient aucun caractère ſulphureux, & étoient telles qu'elles réſultent ordinairement du mêlange de l'huile de vitriol concentrée avec l'eau ; au bout de quatre heures, la liqueur avoit pris une conſiſtance plus ſolide, mais elle n'étoit pas gélatineuſe ; je l'ai fait chauffer & évaporer à ſiccité à l'aide d'une chaleur douce & incapable de diſſiper l'acide, qui pouvoit s'être combiné à la Zéolite. J'ai leſſivé la matière deſſéchée en y verſant à pluſieurs repriſes de l'eau diſtillée, juſqu'à ce qu'elle refusât d'en diſſoudre ; j'ai employé à ces lavages vingt-quatre onces, & il eſt reſté deux gros moins quelques grains, c'eſt-à-dire, près de la moitié de Zéolite, qui n'étoit pas dans l'état ſalin. On peut diſſoudre la plus grande partie de ce réſidu en le faiſant bouillir dans de nouvel acide vitriolique ; mais il faut s'y prendre à pluſieurs fois, & il en reſte toujours preſque un quart qui ne peut ſe diſſoudre : j'ai raſſemblé toutes les eaux qui avoient paſſé ſur la maſſe ſaline de Zéolite ; je les ai fait évaporer & j'en ai obtenu un ſel qui

cryſtalliſoit difficilement ſur la fin ; ce ſel peſoit cinq gros & demi, il contenoit beaucoup d'acide ſurabondant & très-peu d'eau ; auſſi n'a-t-il pas pu perdre ſon excès d'acide par l'imbibition ſur le papier gris, ſuivant la méthode de M. *Baumé* : j'ai ajouté un peu d'eau pour enlever l'excès d'acide ; on peut y parvenir de cette manière, mais on perd beaucoup : j'ai verſé une demi-once d'eau ſur ce ſel avec excès d'acide, il s'eſt excité une chaleur vive & plus de la moitié de la maſſe a été diſſoute, ce qui reſtoit étoit beaucoup moins acide, j'ai verſé deſſus une once d'eau qui en a diſſous une quantité aſſez conſidérable ; une ſeconde once d'eau verſée ſur le réſidu, en a encore diſſous une partie, le reſte ne contenoit plus d'acide ſurabondant, & n'a pu être diſſous que par cinq onces & demie d'eau, ce qui fait huit onces de ce fluide pour diſſoudre une demi once de ce ſel. On peut voir, d'après cela, que le ſel vitriolique de Zéolite eſt plus diſſoluble que la ſélénité & qu'il l'eſt beaucoup moins que l'alun ; on voit encore que plus ce ſel contient d'acide ſurabondant, plus il eſt facile à diſſoudre. M. *Baumé* a publié, dans ſa Chymie, une obſervation ſemblable ſur le gypſe.

Comme j'avois pris ſoin de ſéparer les différentes eaux, qui avoient ſervi à diſſoudre le ſel vitriolique de Zéolite, je les ai fait évaporer ſéparément à une chaleur douce ; la première m'a donné un ſel avec excès d'acide, qui a eu beaucoup de peine à ſe deſſécher, expoſé à l'air, il en attiroit puiſſamment l'humidité & ſe noirciſſoit ; la ſeconde diſſolution a donné un ſel moins chargé d'acide & conſéquemment moins déliqueſcent, mais toujours ſuſceptible de s'humecter & de noircir à l'air ; la troiſième diſſolution & les ſuivantes, ont donné un ſel parfaitement blanc & qui n'éprouvoit aucune altération de la part de l'air. Ce ſel, que je nomme *ſel vitriolique de Zéolite*, eſt ſous la forme de petites lames ou de flocons applatis, liés les uns aux autres & formant une pellicule terreuſe un peu brillante, aſſez ſemblable à l'eſpèce d'argille factice que M. *Baumé* forme en ſaturant l'alun de ſa propre terre, & il a conſtamment

la même forme, soit qu'il soit privé de tout acide surabondant, soit qu'il en retienne une très-grande quantité. La saveur du sel vitriolique de Zéolite, privé de tout acide surabondant, est amère & un peu stiptique; lorsqu'on expose ce sel au feu dans un creuset, il se desséche, mais il ne se bourfoufle pas comme l'alun.

8.° J'ai distillé du sel vitriolique de Zéolite avec excès d'acide dans une cornue de verre que j'avois placée dans un fourneau de réverbère; j'ai élevé le feu jusqu'à ce que la cornue fût bien rouge; j'ai trouvé, dans le récipient, de l'eau chargée d'acide vitriolique; la masse, qui étoit dans la cornue, n'étoit plus avec excès d'acide, elle étoit néanmoins dissoluble en totalité dans l'eau, & sa dissolution évaporée, a donné du sel vitriolique de Zéolite parfaitement neutre: ce procédé m'a paru le plus propre à enlever à ce sel son excès d'acide.

Le sel vitriolique de Zéolite, ainsi privé d'acide surabondant, demande, pour se dissoudre, vingt-quatre parties d'eau froide, au-lieu de seize; au reste, il n'en est pas moins constant que ce sel est plus dissoluble que la sélénité, & qu'il l'est moins que l'alun.

9.° L'eau bouillante dissout le sel vitriolique de Zéolite en plus grande quantité que l'eau froide, & les cryftaux que j'ai obtenus par le refroidissement, ne diffèrent en rien de ceux de la même dissolution faite à froid.

10.° Pour voir jusqu'à quel point l'acide vitriolique adhéroit à la Zéolite, j'ai pris du sel vitriolique de Zéolite bien dépouillé de tout acide surabondant par deux lavages; je l'ai distillé dans une cornue de verre au fourneau de réverbère; j'ai entretenu le feu dans sa plus grande violence pendant quatre heures, le sel ne s'est pas décomposé; je n'ai trouvé dans le ballon que de l'eau pure.

11.° Le vitriol de Zéolite peut être décomposé par les sels

alkalis ſoit fixes, ſoit volatils; j'ai verſé de l'huile de tartre dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite, la liqueur s'eſt troublée & il s'eſt fait un précipité blanc très-abondant; j'ai dépouillé ce précipité de toute matière ſaline par des lavages multipliés, je l'ai enſuite fait ſécher doucement; il étoit d'un blanc ſale & n'avoit aucune ſorte de liant; mêlé aux acides, il a fait une efferveſcence aſſez marquée & s'y eſt diſſous en grande partie, mais non pas en totalité. Lorſque ce précipité eſt récent & humide, il ſe diſſout aiſément & en totalité dans tous les acides; ces caractères lui ſont communs avec ceux que M. *Baumé* a aſſignés à la terre précipitée de l'alun par l'alkali fixe.

Lorſque j'ai employé l'alkali voſatil, pour décompoſer le ſel vitriolique de Zéolite, je n'ai apperçu aucune différence dans les réſultats.

La craie miſe dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite n'y occaſionne aucun précipité, il en eſt de même de la terre d'alun.

12.° J'ai verſé, dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite, une leſſive d'alkali phlogiſtiqué préparé pour faire le bleu de Pruſſe; il s'eſt dégagé à l'inſtant un précipité blanc fort abondant; j'ai verſé un acide ſur ce précipité, tout s'eſt diſſous, la liqueur eſt devenue parfaitement tranſparente; mais, au bout de deux jours, on y voyoit quelques parties de bleu de Pruſſe, mais en trop petite quantité pour pouvoir être raſſemblé. J'attribue encore ce bleu à la terre ocracée, dont il eſt difficile de dépouiller parfaitement la Zéolite, & cela ne m'empêche point de penſer que la Zéolite n'eſt point une terre métallique; 1.° parce que les acides ne ſe combinent pas auſſi facilement avec les terres métalliques parfaitement déphlogiſtiqués: or la blancheur du verre de Zéolite, prouve que cette ſubſtance ne contient point de principe inflammable; on le voit encore, parce qu'elle ne donne à l'huile

de vitriol ni couleur ni caractère sulphureux; 2.° tous les sels métalliques décomposés par l'alkali phlogistiqué, fournissent des précipités indissolubles dans les acides : or le précipité obtenu du sel vitriolique de Zéolite par cet alkali, est, à très-peu-près, dissoluble en entier dans les acides. Il n'est donc dû qu'à la portion d'alkali qui n'est pas saturé de la manière phlogistique, & qui agit à sa manière sur les sels à base terreuse; la portion d'alkali qui est bien chargée de matière phlogistique, n'étant susceptible d'être décomposée que par les sels métalliques, ainsi que l'a démontré M. *Macquer*, dans ses savans Mémoires sur le bleu de Prusse.

13.° L'acide nitreux dissout la Zéolite avec autant de facilité que le fait l'acide vitriolique. J'ai pris une demi-once de Zéolite, j'ai versé dessus une once d'esprit de nitre rouge & bien fumant, j'ai ajouté une once d'eau distillée; il s'est fait un petit mouvement, & l'acide en a dissous une assez grande quantité; j'ai distillé le tout dans une cornue de verre sur un bain de sable, j'ai lessivé la matière desséchée avec une livre d'eau distillée, en la versant à plusieurs fois, jusqu'à ce qu'elle refusât d'en dissoudre. La matière, qui n'étoit pas dans l'état salin, pesoit deux gros; j'ai versé dessus une nouvelle once d'esprit de nitre & autant d'eau distillée; j'ai distillé comme la première fois, & j'ai dissous la matière desséchée dans douze onces d'eau distillée; tout a été dissous à l'exception de douze grains.

La dissolution de nitre de Zéolite évaporée à une chaleur douce, a fourni un sel ressemblant à une gomme, dans laquelle néanmoins on voyoit distinctement des cristaux blancs disposés en barbe de plume. La masse imitoit assez bien les pains de régule d'antimoine du commerce, sur lesquels on voit une cristallisation qu'on a comparée à des feuilles de fougère. Lorsque la dissolution de nitre de Zéolite a été rapprochée par l'évaporation, autant qu'il est possible, elle cristallise alors subitement par le refroidissement, & forme un gros

faiſceau d'aiguilles, qui convergent toutes vers un centre commun.

Le nitre de Zéolite a une ſaveur violemment ſtiptique, & ſemblable à celle du nitre qu'on forme avec la terre de l'alun, auquel il reſſemble d'ailleurs beaucoup par la propriété d'attirer l'humidité de l'air & de ſe réſoudre en liqueur.

Le nitre de Zéolite eſt décompoſé très-facilement par l'acide vitriolique.

La diſſolution de ce ſel eſt ſuſceptible d'être précipitée par les ſels alkalis, comme celle du ſel vitriolique de Zéolite.

14.°. L'acide marin verſé ſur la Zéolite, l'attaque même à froid, & en diſſout une quantité aſſez conſidérable. J'ai opéré ſur cette matière avec l'acide marin, comme j'avois opéré avec l'acide nitreux, & je n'ai vu d'autres différences, ſinon que l'acide marin diſſout cette ſubſtance en moins grande quantité que ne le fait l'acide nitreux & même l'acide vitriolique. Le ſel marin de Zéolite eſt jaunâtre, fortement ſtiptique & moins déliqueſcent que le nitre de Zéolite, il reſſemble au ſel marin, dont la baſe eſt la terre de l'alun : ce ſel eſt décompoſé par les acides vitrioliques & nitreux & par les alkalis.

De tous les faits que je viens de rapporter, je crois être en droit de conclure, 1.° Que la Zéolite n'eſt point une terre vitrifiable, au moins de l'eſpèce de celles auxquelles on donne ce nom, puiſqu'elle ſe vitrifie ſans addition; 2.° Qu'elle n'eſt point calcaire, puiſque dans ſon état d'aggrégation, elle ne fait point efferveſcence avec les acides, qu'elle ne donne point d'air fixé, lorſqu'on la traite à feu nu ou dans les vaiſſeaux clos, qu'après la calcination, elle ne s'échauffe point avec l'eau, & qu'elle ne dégage point l'alkali volatil lorſqu'on la triture avec le ſel ammoniac; 3.° Qu'elle n'eſt point de nature argilleuſe, puiſque, loin de ſe durcir au feu en perdant ſon humi-

dité, elle devient, au contraire, très-friable; qu'elle n'a aucun liant, ſoit avant d'avoir été privée d'eau, ſoit après en avoir été dépouillée; qu'elle ne fait pas d'alun lorſqu'on la combine avec l'acide vitriolique; que la craie ne la dégage pas des acides auxquels on l'unit; & qu'enfin la terre précipitée de ſes diſſolutions ſalines, n'a pas plus de liant qu'elle n'en avoit avant ſa diſſolution; 4.° qu'elle n'eſt point un ſel, qu'elle ne contient rien de ſalin, puiſque l'eau bouillante n'en peut rien extraire; 5.° Enfin qu'elle n'eſt point une terre métallique, puiſqu'elle ne fournit point de verres colorés lorſqu'on la fond ſans addition, puiſqu'on n'en peut rien tirer de métallique en la fondant avec des matières phlogiſtiquées, puiſque les acides la diſſolvant preſque en totalité; l'alkali phlogiſtiqué ne décompoſe ces diſſolutions que comme celles des ſels à baſe terreuſe.

Je regarde donc la Zéolite comme une terre particulière; mais je ne me contente pas de lui aſſigner pour caractère la propriété qu'elle a de ſe fondre avec le ſel de ſoude, ainſi que l'a fait M. *Crouſtedt*, ni celle de former une gelée avec l'acide vitriolique, puiſqu'elle a cela de commun avec pluſieurs ſubſtances fort différentes les unes des autres, comme le lapiſlazuli, l'étain, la pierre hématite, & la plupart des mines de fer, & que d'ailleurs cet état eſt paſſager & non permanent.

Je la diſtinguerai par la propriété qu'elle a de ſe fondre ſans addition en un verre opaque comme l'émail, & par celle de ſe diſſoudre preſqu'en totalité dans tous les acides, avec leſquels elle ſe comporte en quelque ſorte comme la terre de l'alun dont elle diffère d'ailleurs à beaucoup d'égards, principalement par ſa fuſibilité & ſon défaut de liant.

Peut-être, par la ſuite, l'analyſe chymique nous fera-t-elle connoître quelques ſubſtances analogues à la Zéolite; il ſeroit auſſi fort poſſible qu'il y ait pluſieurs eſpèces de terres argilleuſes. M. *Black* a fait voir que la terre de la Magnéſie, qui

fait effervescence avec les acides, ne forme jamais de chaux vive par la calcination ; & plusieurs très-bons Chymistes, pensent que le sel d'Epsom, le gyps, la sélénité, les spaths vitreux & les spaths fusibles, ne different qu'en raison de la terre calcaire qui leur sert de base, & qui pourroit bien ne pas être la même dans toutes les substances.

Je finirai par faire observer, que si quelqu'un étoit disposé à croire que la Zéolite fût un produit de volcan, il devroit être détourné de cette idée, en réfléchissant à la quantité d'eau que contient cette substance ; quantité qui va presque au quart de son poids & qu'elle perd à l'aide d'une chaleur beaucoup plus foible que celle que produit un volcan : on ne peut donc embrasser cette opinion, à moins de penser que cette matière calcinée une première fois, a été de nouveau dissoute, charriée & cristallisée par l'eau ; mais ce n'est qu'une pure hypothèse dénuée de preuves, & sur laquelle je n'insisterai pas davantage.

SOLUTION

SOLUTION
DE QUELQUES PROBLÊMES
Relatifs à la Théorie des Surfaces courbes, & des Courbes à double courbure.

Par M. TINSEAU,
Correſpondant de l'Académie, Officier au Corps Royal du Génie.

PROBLÊME PREMIER.

1. *TROUVER l'équation du plan tangent à une ſurface courbe, en un point donné.* Préſenté en 1774.

SOLUTION.

Soit A l'origine des trois plans coordonnés, PAE, PAR, RAE, auxquels eſt rapportée la ſurface courbe ; ſoient AP (x), PQ (y), QM (z), les coordonnées du point M de la ſurface ; par M, imaginons deux plans, l'un perpendiculaire aux AP (x), l'autre perpendiculaire aux PQ (y) ; ſoient FMS, NMG, les ſections de la ſurface, par ces deux plans ; MmT, NMt, les tangentes au point M, de ces deux ſections ; T & t, les points où ces tangentes remontrent le plan PAE ; le plan TMt, ſera évidemment le plan tangent, en M, à la ſurface : il s'agit donc de trouver l'équation de ce plan, dont Tt eſt l'interſection avec le plan PAE. Pour cela, ſoit μ un quelconque de ſes points ; de μ ; ſoit abaiſſée, ſur PAE, la perpendiculaire $\mu\lambda$; du point λ, ſur AP, la perpendiculaire $\lambda\pi$; appellons π, φ, ω, les coodonnées Aπ, $\pi\lambda$, $\lambda\mu$, du point μ ; par $\mu\lambda$, imaginons encore deux plans, l'un parallèle à MTQ, l'autre à MtQ ; ils couperont le plan PAE, ſuivant les droites $\lambda\theta$, $\lambda\gamma$, parallèles *Fig. 1.*

à PQ & AP, & le plan tangent, suivant les droites $\mu\theta$, $\mu\gamma$, parallèles aux tangentes MT, Mt: nommons f & f' les soutangentes des courbes FMS, NMG; par les points N & m, que je suppose infiniment proches de M, abaissons, sur le plan PAE, les perpendiculaires Nq, mQ': enfin menons parallélement à TQ & à tQ, les petites droites Mi, me: cela posé, si on représente la différentielle d'une fonction A, de x, y, prise en ne faisant varier que x, par $(\frac{dA}{dx})dx$, il est aisé de voir, que $Ni=(\frac{dz}{dx})\cdot dx$, & $Me=(\frac{dz}{dy})\cdot dy$.

Cela posé, les triangles MQT, $\mu\lambda\theta$, donnent ..... MQ(ζ) : TQ(f) :: $\mu\lambda(\omega)$: $\lambda\theta=\frac{\omega f}{\zeta}$; mais ..... $\lambda\theta=\pi\theta-\pi\lambda$ .... $\pi\lambda=\omega$, & f' : f :: Bπ : $\pi\theta=$B$\pi\times\frac{f}{f'}$, & Bπ=BP$\mp$Pπ($\mp$, suivant que le point μ est plus près ou plus loin du plan RAE, que le point M): or ..... f : f' :: PT$(y+f)$: BP$=(y+f)\times\frac{f'}{f}$, & ..... P$\pi=\pm x\mp\pi$: donc B$\pi=(y+f)\times\frac{f'}{f}-x+\pi$: donc $\lambda\theta$, ou $\frac{\omega f}{\zeta}$, est $=\left((y+f)\times\frac{f'}{f}-x+\pi\right)\times\frac{f}{f'}-\varphi$; équation qui devient $-ff'\times(\zeta-\omega)+f\zeta\times(x-\pi)-\zeta f'\times(y-\varphi)=0$; substituant, dans cette équation, à f & f', leurs valeurs, qui sont $\frac{-\zeta dy}{(\frac{dz}{dy})\cdot dy}$ & $\frac{\zeta dx}{(\frac{dz}{dx})\cdot dx}$, on aura, toute réduction faite, l'équation .....

$$(x-\pi)\times dy\times(\tfrac{dz}{dx})\cdot dx+(y-\varphi)dx\times(\tfrac{dz}{dy})\cdot dy-(\zeta-\omega)dxdy=0. \quad (A).$$

Je prends, pour f, $\frac{-\zeta dy}{(\frac{dz}{dy})\cdot dy}$, parce que PQ croissant, MQ diminue, & qu'ainsi leurs différentielles, dy & $(\frac{dz}{dy})dy$, doivent être prises avec des signes différens.

Corollaire.

2. Faisant $\omega=0$, dans l'équation (A), on aura l'équation de la ligne Tt, suivant laquelle le plan tangent coupe le plan PAE; de même en faisant π ou $\varphi=0$, on trouveroit les intersections du plan tangent avec les autres plans coordonnés.

Remarque.

3. L'équation (A) ne contient évidemment que trois variables; puiſque le point M étant donné, x, y & z ſont auſſi donnés: de plus, elle eſt algébrique, quoique ſous une forme différentielle: car, pour avoir $(\frac{dz}{dx})\cdot dx$, il faut prendre, dans l'équation de la ſurface, la valeur de z, en x & y, & différencier cette valeur, comme ſi x ſeul varioit; ce qui donne une fonction algébrique, de x & y, dont tous les termes ſont affectés de dx: donc $dy\times(\frac{dz}{dx})\cdot dx$ eſt une fonction algébrique, dont tous les termes ſont affectés de $dx\,dy$: on prouvera de même que $dx\times(\frac{dz}{dy})\cdot dy$ eſt une fonction algébrique, multipliée par $dx\,dy$: donc toute l'équation (A) eſt une fonction algébrique, multipliée, & partant diviſible par $dx\,dy$: donc, &c.

Problême II.

4. *Le Problême premier nous donne une ſolution bien ſimple de celui-ci. Ayant mené, par un point donné, une infinité de lignes, tangentes à une ſurface donnée, déterminer la courbe à double courbure, qui eſt le lieu de tous les points, dans leſquels ces lignes touchent la ſurface.* Fig. 1.

Solution.

Soit M un des points de cette courbe; x, y, z, ſes coordonnées AP, PQ, QM; μ, le point fixe, duquel il faut mener ces tangentes à la ſurface; a, b, c, les coordonnées conſtantes, & connues, $A\pi$, $\pi\lambda$, $\lambda\mu$, de ce point μ: ſi, par le point M, on imagine le plan tangent à la ſurface, il paſſera par le point μ: l'équation (A), qui convient à tous les points d'un plan tangent, conviendra donc au point μ, en y ſubſtituant les coordonnées particulières a, b, c, de ce point μ, à la place des coordonnées indéterminées π, φ, ω: on aura donc l'équation ſuivante .....

$$(x-a)dy\times(\tfrac{dz}{dx})\cdot dx+(y-b)dx\times(\tfrac{dz}{dy})\cdot dy-(z-c)dx\,dy=0. \quad (B),$$

Cette équation jointe à celle de la ſurface, donnera l'équation de projection de la courbe ſur un quelconque des trois plans coordonnés.

Remarquons que toutes ces tangentes forment la ſurface d'un cône tangent à la ſurface propoſée, dont le ſommet eſt au point μ, & que la courbe que nous venons de déterminer, eſt celle ſuivant laquelle ce cône raſe & touche la ſurface.

SCHOLIE.

5. Ce que nous venons de voir, eſt le fondement de la ſolution du problême général de la perſpective & de celui des ombres, qui, géométriquement, eſt le même.

Chaque point de la partie viſible d'un corps éclairé, envoie à l'œil un rayon de lumière : on peut donc regarder l'œil, comme le ſommet d'un cône de lumière, qui a pour baſe la partie viſible de l'objet, & dont la ſurface eſt tangente à celle de l'objet : or, ſi on imagine ce cône coupé par une nouvelle ſurface quelconque, dont chaque point ſoit coloré de la couleur que porte le rayon de lumière par lequel il eſt rencontré; il eſt évident que cette ſurface fera ſur l'œil la même impreſſion que l'objet : car elle y enverra le même nombre de rayons, ſuivant la même direction & portant les mêmes couleurs. Cette ſurface ſera donc la perſpective de l'objet donné. La perſpective contient donc deux parties ; la première, qui conſiſte à déterminer géométriquement les dimenſions de la perſpective, ſe nomme perſpective *géométrale* ; la ſeconde, qui eſt l'art d'y appliquer les coloris, ſe nomme perſpective *aërienne*, & eſt du reſſort de la peinture.

La perſpective géométrale ſe réduit donc à trouver l'interſection du cône de lumière avec une ſurface donnée, c'eſt-à-dire, dont on connoît l'équation. Or, nous remarquerons que ce cône a pour baſe la courbe à double courbure, dont nous avons appris (N.° 4) à trouver les équations. Le Problême de la perſpective eſt donc réduit à trouver l'équation d'un cône qui

a pour ſommet un point donné de poſition, & pour baſe une courbe à double courbure, dont on a les équations de projection: car ayant l'équation de ce cône, on trouvera aiſément ſon interſection avec la ſurface donnée, qui doit ſervir de tableau.

Si, au-lieu d'un œil, on imaginoit un point lumineux, la partie éclairée de l'objet ſeroit la baſe d'un cône d'ombre, qui eſt abſolument le même que le cône de lumière dont nous venons de parler. Ainſi, le Problême de déterminer l'ombre portée par une ſurface donnée ſur une autre auſſi donnée, ſe réduit comme celui de la perſpective, à trouver l'interſection du cône tangent à la première ſurface avec la ſeconde.

Nous remarquerons encore que, ſuivant que le point donné μ, eſt un œil ou un point lumineux, l'interſection ou plutôt la rencontre du cône de lumière avec la ſurface de l'objet, eſt la courbe qui ſépare la partie viſible de l'inviſible, ou la partie éclairée de la partie obſcure de cette ſurface.

PROBLÊME III.

6. *Trouver l'équation d'un cône, étant données les coordonnées de ſon ſommet, & les équations de projections d'une courbe plane ou à double courbure par laquelle & par le ſommet eſt ſuppoſée paſſer la ſurface de ce cône.* FIG. 2.

SOLUTION.

Soit Rm la projection ſur le plan PAE de la courbe à double courbure, par laquelle paſſe la ſurface conique, S′ & M, les projections ſur ce plan du ſommet S & d'un point N quelconque de la ſurface; par S & N, imaginons un apothême qui rencontre la courbe à double courbure en un point n, que je ſuppoſe projetté en m ſur le plan PAE; par S′, M, & m, menons ſur AP, les trois perpendiculaires S′S″, MP, mp; par M & m, les droites ML, ml parallèles à AP; enfin par n, la droite nhK parallèle à mS′, & terminée à la perpendiculaire SS′: ſoient π, φ & ω les coordonnées AP, PM, MN, de

la ſurface conique ; a, b & c les coordonnés connues AS″, S″S, S′S du ſommet ; x, y, z, celles Ap, pm, mn de la courbe à double courbure : on aura .....

$$Nh(\omega-z):fK(c-z)::nh:nK::mM:mf::mi(\pi-x):ml(a-x)::Ll(\varphi-y):lf'(b-y).$$

Le premier rapport, comparé avec le quatrième & le cinquième, donnera les deux équations ſuivantes .....

$$\left\{\begin{array}{l}(\omega-z)\times(a-x)=(c-z)\times(\pi-x)\\(\omega-z)\times(b-y)=(c-z)\times(\varphi-y)\end{array}\right\}\begin{array}{l}(C)\\(D).\end{array}$$

Si on place l'origine des coordonnées au ſommet S, les équations, que nous venons de trouver, deviennent .....

$$\left\{\begin{array}{l}\pi z=\omega x\\\varphi z=\omega y\end{array}\right\}.$$

Les deux équations C & D, jointes aux deux équations de la courbe à double courbure, en ſont 4 par le moyen deſquelles on pourra toujours éliminer x, y & z, & partant avoir une équation en π, φ & ω.

Remarque.

7. Si la ſurface à mettre en perſpective n'étoit pas indéfinie, mais terminée par une courbe tracée ſur la partie viſible de cette ſurface, le Problême n'en ſeroit que plus aiſé, puiſqu'on auroit directement la courbe qui ſert de baſe au cône de lumière, ſans être obligé de la terminer par le N.° 4.

Je n'ajouterai rien ſur la manière de mettre un point en perſpective ſur une ſurface courbe quelconque pour tableau, puiſque ce Problême eſt renfermé dans ce que nous venons de dire, & en eſt le cas le plus ſimple.

Scholie premièrе.

8. Quoique la théorie que nous venons de donner, ne paroiſſe pas d'une grande utilité dans la pratique, elle peut néanmoins ſervir à déterminer les points principaux d'une perſpective, d'après leſquels l'Artiſte riſque moins de s'égarer. Il faut auſſi avouer qu'on ne ſe ſert preſque jamais que de *tableaux* plans,

par la grande difficulté qu'il y a à opérer ſur un tableau courbe. C'eſt auſſi par la même raiſon, que les Artiſtes ne choiſiſſent preſque jamais pour ſujets de perſpective, que des corps terminés, au moins en grande partie, par des faces planes, comme des morceaux d'architecture, &c. Dans ce cas, & lorſque l'objet à mettre en perſpective contient beaucoup d'arrêtes parallèles, ils ſe ſervent, pour abréger, du principe ſuivant: *Les perſpectives de pluſieurs droites parallèles ſe rencontrent au point d'interſection du tableau avec la droite menée par l'œil parallèlement à ces droites.* Voici une démonſtration bien ſimple de ce principe, dont les Auteurs de perſpective ont juſqu'ici cherchée la preuve, les uns dans la métaphyſique, les autres dans des conſidérations ſur l'infini.

Par deux lignes parallèles & limitées, imaginons deux plans triangulaires, ayant leurs ſommets à l'œil: ſoient coupés ces deux plans par un troiſième quelconque, que je prends pour tableau; les perſpectives des deux parallèlas ſont (N.° 5) les interſections des plans triangulaires par le tableau: or ces deux perſpectives étant dans un même plan, qui eſt celui du tableau, ſe rencontreront en quelque point: mais puiſqu'elles ſont dans les deux plans triangulaires, elles ſe rencontreront dans l'interſection de ces deux plans: or cette interſection paſſe par l'œil, & de plus eſt parallèle aux deux droites à mettre en perſpective; donc les perſpectives de deux droites parallèles concourent au point de rencontre du tableau avec la droite menée par l'œil parallélement à ces deux droites.

Scholie II.

9. Si la diſtance du point lumineux au corps qui porte ombre eſt incomparablement plus grande que la diſtance de celui-ci au corps ſur lequel il porte ombre, on pourra regarder les rayons de lumière qui vont raſer le premier corps comme parallèles. Dans ce cas, le Problême des ombres ſe réduit à trouver l'interſection d'une ſurface donnée avec une ſurface cylindrique tangente à une autre ſurface donnée & dont les arrêtes

ſont parallèles à une ligne connue de poſition. Pour cela il faut avoir l'équation de cette ſurface cylindrique, ce qui ſuppoſe qu'on ait celle de ſa baſe, c'eſt-à-dire, de la courbe à double courbure, ſuivant laquelle elle touche la ſurface propoſée.

PROBLÊME IV.

10. *Trouver l'équation de la courbe à double courbure, ſuivant laquelle une ſurface donnée eſt touchée par une infinité de lignes parallèles à une direction connue.*

SOLUTION.

Soit M un point quelconque de cette courbe; x, y & z; ſes coordonnées AP, PQ, QM; on pourra, par le point M, mener une droite Mβ parallèle à la direction connue: ſoit a l'angle qu'elle fait avec le plan PAE, ou avec ſa projection $\beta Q b$, l'angle $tQ\beta$, que fait cette projection avec tQ, ou l'axe AP qui lui eſt parallèle. Par la condition du Problême, cette droite ſera tengente à la ſurface en M, elle ira donc rencontrer le plan PAE en un point β de la droite Tt.

On aura $MQ = \beta Q \times tang\ a$: donc $\beta Q = \frac{z}{tang\ a}$; mais le triangle $t\beta Q$, donne $\beta Q = tQ \times \frac{fin\ \beta tQ}{fin\ t\beta Q}$: or, 1.° $Qt = \frac{z\,dx}{\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx}$: 2.° Dans le triangle rectangle tQT, on a ..... $tQ = \frac{z\,dx}{\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx} : TQ = \frac{z\,dy}{\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy} :: cof\ \beta tQ : fin\ \beta tQ$; d'où je tire $fin\ \beta tQ = \frac{dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx}{\sqrt{\left(dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)dx\right)^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2\right)}}$ & $cof\ \beta tQ = \frac{dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)dx\right)^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2\right)}}$: 3.° Il reſte donc à trouver $fin\ t\beta Q$: or l'angle Q, dans le triangle $t\beta Q$, eſt $= b$; &, ſi on appelle t, l'angle βtQ, on aura $t\beta Q = 180° - t - b$: donc .....

$fin\ t\beta Q =$

$\sin t\beta Q = \sin(180°-t)\times\cos b - \sin b\cos(180°-t) = \sin t\times\cos b + \sin b\times\cos t$;

Donc, remettant, pour $\sin t$ & $\cos t$, leurs valeurs, que nous venons de trouver, on aura .....

$$\sin t\beta Q = \frac{\cos b\times dy\times\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx + \sin b\times dx\times\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2 + dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)dy\right)^2\right)}}$$: ainſi,

mettant, dans l'équation $\beta Q = tQ\times\frac{\sin\beta tQ}{\sin t\beta Q}$, pour ces grandeurs, les valeurs que nous venons de leur trouver, on aura l'équation ſuivante : .....

$$dx\,dy\,tang\,a = dy\cos b\times\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx + dx\sin b\times\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy. \quad (E).$$

PROBLÊME V.

11. *Trouver l'équation d'un cylindre formé en menant des parallèles à une ligne donnée, par tous les points d'une courbe à double courbure donnée.* FIG. 3.

SOLUTION.

Par l'origine A des coordonnées, imaginons une droite Aφ, donnée de poſition; l'angle φAλ qu'elle fait avec ſa projection & l'angle PAλ, que fait ſa projection avec l'axe AP ſeront connus: ſoient m & n ces deux angles; M un point quelconque de la courbe à double courbure, m ſa projection ſur le plan PAQ; Ap (x), pm (y), mM (z) ſes coordonnées; MN une arête de la ſurface du cylindre; N un point quelconque de cette arête; AP (π), Pn (φ) & nN (ω) ſes coor données; MK une parallèle à mn; & enfin ml parallèle à AP; l'angle NMK ſera $= m$, & l'angle $nml = n$.

On aura donc NK $(\omega - z) =$ MK $\times$ $tang\,m = mn\times tang\,m$; mais le triangle mnl, donne $mn = \frac{ml}{\cos n} = \frac{\pi - x}{\cos n}$; il donne auſſi $mn = \frac{nl}{\sin n} = \frac{\varphi - y}{\sin n}$; ce qui donne les équations ſuivantes: ....

$$\begin{cases}\omega - z = \frac{tang\,m}{\cos n}\times(\pi - x) & (F)\\ \omega - z = \frac{tang\,m}{\sin n}\times(\varphi - y) & (G)\end{cases}$$

Ces deux équations, jointes aux deux de la courbe à

double courbure propoſée, ſuffiront pour éliminer x, y & z.

Remarquons qu'on pourroit déduire la ſolution de ces deux derniers Problêmes de celles du ſecond & du troiſième.

Corollaire.

12. Si on ſuppoſe l'angle $n=0$, ou que les arêtes du cylindre ſoient parallèles au plan des x & z, les équations F & G deviennent $\left\{\begin{matrix}\omega-z=tang\ m\times(\pi-x)\\ \varphi=y\end{matrix}\right\}$: ſi on ſuppoſe l'angle $m=90°$, auquel cas $tang\ m=\infty$, les équations F & G deviennent, dans ce cas, qui eſt celui où les arêtes du cylindre ſont perpendiculaires au plan des x & y, $\left\{\begin{matrix}\pi=x\\ \varphi=y\end{matrix}\right\}$; c'eſt-à-dire, que, dans ce cas, le cylindre a même équation que la projection de la courbe à double courbure, ſur le plan des x & y; ce qu'on ſavoit déjà.

Lemme.

Fig. 4. 13. La valeur de la ſoutangente, pour un point quelconque N, d'une courbe à double courbure, BND, portée ſur la tangente de ſa projection, eſt $\frac{z\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz}$ [z étant l'ordonnée perpendiculaire au plan de la projection, x & y les coordonnées dans ce plan de projection].

Si, par le point N, on imagine une perpendiculaire, Nt, à la courbe BND, dirigée dans le plan hNMt, la valeur de cette ſounormale, Mt, ſera $\frac{z\,dz}{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}$.

Problême VI.

Fig. 4. 14. *Trouver l'équation de la ſurface formée par toutes les tangentes d'une courbe à double courbure propoſée.*

SOLUTION.

Soit N un point quelconque de la courbe ; AP (x), PM (y), MN (z), ſes coordonnées ; Nh, la tangente au point N ; n, un point quelconque, pris ſur cette tangente, & partant ſur la ſurface dont nous cherchons l'équation ; Aπ (π), $\pi\mu$ (φ), μn (ω), les coordonnées de cette ſurface : par les points h, μ, M & d infiniment voiſin de M, menons des perpendiculaires ſur AP ; enfin, par les points M & μ, menons parallèlement à AP, les droites Mi, $\mu\omega$, [Mi ſera $= dx$, $id = dy$], & Ne parallèle à Md : les triangles ſemblables $nh\mu$, DNe, donnent De (dz) : Ne = Md ($\sqrt{(dx^2+dy^2)}$) :: $n\mu$ (ω) : $\mu h = \frac{\omega\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz}$: or μh = Mh − Mμ ; mais $\frac{z\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz}$ = Mh, & ..... Mμ : $\mu\omega$ ($x-\pi$) :: Md ($\sqrt{(dx^2+dy^2)}$) : Mi (dx) ; & partant, M$\mu = (x-\pi) \times \frac{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dx}$: on a auſſi M$\mu = (y-\varphi) \times \frac{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dy}$: la première valeur de μh, comparée avec les deux dernières, donne les équations ſuivantes : .....

$$\left.\begin{array}{l} z-\omega = (x-\pi)\frac{dz}{dx} \\ z-\omega = (x-y)\frac{dz}{dy} \end{array}\right\} \text{I K}$$

COROLLAIRE PREMIER.

15. Faiſons, dans les deux équations I & K, $\omega = 0$, nous aurons, pour déterminer la courbe $hh'h''$, ſuivant laquelle les tangentes de la courbe à double courbure rencontrent le plan PAQ des x & y, les deux équations .....

$$\left.\begin{array}{l} z = (x-\pi)\frac{dz}{dx} \\ z = (y-\varphi)\frac{dz}{dy} \end{array}\right\} \text{(H) (L)}$$

REMARQUE.

16. On voit aiſément que les quatre équations que nous venons de trouver, ſont algébriques, quoique ſous une forme différentielle, & que les deux équations de la courbe à double courbure combinées avec les deux I & K, ou avec les deux H & L, ſuffiſent pour éliminer x, y & z.

Corollaire II.

17. Si on suppose le point N donné & partant x, y & z connus, les équations H & L donnent la position du point h sur le plan P A Q, & fournissent par conséquent un moyen de mener une tangente d'une courbe à double courbure sans avoir recours aux tangentes de ses projections.

Corollaire III.

18. Dans bien des cas, la courbe à double courbure formée par l'intersection de deux surfaces, devient une courbe plane : or, dans ce cas, la surface des tangentes devient le plan même de la courbe ; les équations I & K nous fournissent donc un moyen non-seulement de reconnoître dans quels cas une courbe rapportée à trois plans est plane, mais encore l'équation du plan dans lequel elle se trouve ; Problême assez important dans la théorie des courbes à double courbure.

Scholie.

19. Une courbe plane n'est susceptible que d'une espèce d'inflexion, qui a lieu quand deux ou plusieurs élémens de cette courbe se trouvent en ligne droite ; mais, outre cette espèce d'inflexion, les courbes à double courbure en admettent une autre qui a lieu, quand trois ou en général un plus grand nombre d'élémens consécutifs de la courbe à double courbure se trouvent dans un même plan. J'appellerai *inflexion plane*, cette seconde espèce d'inflexion, pour la distinguer de la première, que je nommerai *inflexion linéaire*.

Problême VII.

Fig. 4. 20. *Déterminer les points d'inflexion plane d'une courbe à double courbure.*

Solution.

Soient DN, Nδ, $\delta\downarrow$, trois élémens consécutifs de la courbe à double courbure BND prolongés jusqu'à ce qu'ils rencontrent en h, h', h'' le plan PAQ : $h\,h'$ sera la rencontre du plan PAQ avec le plan mené par les deux élémens DN, Nδ, & $h'h''$ sa rencontre avec le plan mené par les deux élemens Nδ, $\delta\downarrow$: donc si les trois élémens consécutifs DN, Nδ, $\delta\downarrow$ de la courbe BND sont dans un même plan, les deux élémens $h\,h'$, $h'\,h''$ de la courbe $h\,h'\,h''$ seront en ligne droite. Si l'inflexion plane, au lieu d'être simple, étoit multiple du degré m, c'est-à-dire, si un nombre $m+2$ d'élémens consécutifs de la courbe BND, se trouvoient dans un même plan, à commencer du point N, la courbe $h\,h'\,h''$ auroit un nombre $m+1$ d'élélémens en ligne droite, à compter du point h correspondant au point N, c'est-à-dire, auroit en h une inflexion du degré m.

Il suit de-là, que pour trouver le point ou les points d'inflexion plane de la courbe BND, on cherchera ceux de la courbe $h\,h'\,h''$ dont on trouvera l'équation (N° 15.) : soit h un de ces points d'inflexion, a & b, ses coordonnées AH, Hh ; on substituera à π & φ leurs valeurs a & b dans les équations H & L, qui ne contiendront plus que x, y & z : ainsi, ces deux équations jointes à celles de la projection de la courbe BND sur le plan PAQ, donneront les valeurs de x, y & z, & fixeront par conséquent la position du point d'inflexion plane N.

Problême VIII.

21. *Déterminer les points d'inflexion linéaire d'une courbe à double courbure.* Fig. 4.

Solution.

Soit N un point d'inflexion de la courbe BND, les deux élémens DN, Nδ sont en ligne droite, & partant leurs pro-

jections sur tous les plans possibles, c'est-à-dire, que les projections du point N sur les trois plans coordonnés, sont des points d'inflexion dans les trois courbes de projection. Soit a la valeur de x correspondante au point d'inflexion N; il faudra qu'ayant cherché successivement les points d'inflexion de la projection sur le plan des x & y, de celle sur le plan des x & z, & de celle sur le plan des y & z, on trouve dans la première & dans la seconde, un point d'inflexion correspondant à la valeur de $x=a$, & dans la troisième, un point d'inflexion correspondant à une valeur de y, telle que le point correspondant de la courbe à double courbure réponde à un $x=a$.

Il faut donc faire dans l'équation en x & y, ddx & $ddy=0$, & dans l'équation en x & z, ddx & $ddz=0$, rejetter les valeurs de x, que ces deux suppositions ne donnent pas égales dans les deux courbes. Il faut ensuite, dans l'équation en y & z, faire ddy & $ddz=0$, ce qui donnera une ou plusieurs valeurs de y. Si une de ces valeurs de y est telle, que le point correspondant de la courbe à double courbure réponde à un x qui ait pour valeur une de celles qu'on n'a pas rejetées, ce point de la courbe à double courbure sera un point d'inflexion linéaire simple; on trouveroit, par une méthode absolument semblable, les points d'inflexion multiple.

Remarque première.

22. J'appelle *plan osculant*, le plan qui passe par deux élémens consécutifs de la courbe à double courbure.

Il est aisé de voir que les valeurs de x, déduites de la supposition ddx & $ddz=0$, dans l'équation en x & y, & celles déduites de la supposition ddx & $ddy=0$ dans l'équation en x & z qui ont été rejetées, parce qu'elles n'étoient pas égales de part & d'autre, indiquent les premières, que les points correspondans de la courbe à double courbure ont leurs plans osculans perpendiculaires sur le plan des x & y; les secondes, que les points correspondans de la courbe à double courbure, ont

leurs plans oſculans perpendiculaires au plan des x & z : enfin les valeurs de x & z qu'on rejette en ſecond lieu, quoiqu'elles ſoient égales entr'elles, parce qu'elles correſpondent à des valeurs de y, qui ne ſont point données par la ſuppoſition dy & $ddz=0$ dans l'équation en y & z, correſpondent à des points de la courbe où le plan oſculant devient tout-à-la-fois perpendiculaire au plan des x & y, & à celui des x & z.

En général, il eſt fort utile, pour la connoiſſance d'une courbe à double courbure, de connoître la poſition du plan oſculant en un quelconque de ſes points. Propoſons-nous donc ce Problême.

PROBLÊME IX.

23. *Trouver l'inclinaiſon, ſur un des plans coordonnés, du plan oſculant, en un point quelconque d'une courbe à double courbure.* FIG. 8.

SOLUTION.

Soient Mm, $m\mu$, deux élémens conſécutifs d'une courbe à double courbure, dont AP (x), PN (y), MN (z), ſont les coordonnées ; Nn, nv les projections de ces élémens, que je ſuppoſe égales [c'eſt-à-dire, je fais $\sqrt{(dx^2+dy^2)}$ conſtant &$=dr$]. Soient menées les coordonnées des deux points m, μ ; enſuite par M, menons Me parallèle à Nn ; par m & e, mc & ei parallèles à nv ; le plan Mei eſt évidemment parallèle au plan PAQ ; ainſi, la queſtion ſe réduit à trouver l'angle que fait ce plan Mei avec le plan oſculant $Mm\mu$.

Pour cela, prolongeons les droites $m\mu$, ei, juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent en ω ; la ligne $M\omega$ ſera l'interſection des deux plans. Il faut donc calculer l'angle formé par les deux plans $M\omega i$, $M\omega\mu$: pour en venir à bout, je remarque que dans la pyramide $\omega M\mu i$, conſidérée comme ayant ſon ſommet en ω, l'on connoît, ...

1.° L'angle droit, formé par les deux faces $M\omega i$, $\mu\omega i$.

2.° La face $\mu\omega i$; car $tang\ \mu\omega i = \frac{\mu c}{mc} = \frac{dz + ddz}{dr}$.

3.° La face $M\omega i$; car $\mu c : cm :: me : \omega e = \frac{dr\,dz}{dz + ddz}$; mais, ſi on prolonge Nn en b, l'angle $Me\omega = bn\nu = d(qNn)$: or, dr étant conſtant, $d(qNn) = \frac{ddy}{dx}$: donc $\frac{ddy}{dx}$ eſt le ſinus de l'angle $Me\omega$: de plus, $M\omega$ faiſant partie du triangle $M\omega e$, on a, par la nature de tout triangle, ... $M\omega = V\left((Me)^2 + (e\omega)^2 - 2Me \times e\omega \times cof\, Me\omega\right) = \ldots\ldots$ $V\left(dr^2 + \frac{dr^2\,dz^2}{(dz+ddz)^2} - \frac{2dr^2\,dz}{(dz+ddz)}\right)$, à cauſe de $cof\, Me\omega = 1$, & enfin $M\omega = \frac{dr\,ddz}{dz+ddz}$; mais $M\omega : Me :: ſin\ Me\omega : ſin\ M\omega e$: donc $ſin\, M\omega e = \frac{ddy \times (dz+ddz)}{dx\,ddz}$: or, ſi dans un triang. ſph. ABC, on connoît AB, AC & A, on a *(Trig. Sphér.)*, $tang\, C = \frac{ſin\, A}{ſin\, AC \times cot\, AB - cof\, AC \times cof\, A}$, qui, ſi $A = 90°$, devient $= \frac{1}{ſin\, AC \times cot\, AB} = \frac{tang\, AB}{ſin\, AC}$; &, ſi on ſuppoſe $AB = \mu\omega i$, $AC = M\omega i$, C ſera l'angle cherché: donc, appellant i l'inclinaiſon du plan oſculant ſur le plan coordonné, on aura $tang\, i = \frac{tang\, \omega Mi}{ſin\, M\omega i}$, ou enfin, en ſubſtituant, $tang\, i = \frac{dxddz}{dr\,ddy}$.

Remarque seconde.

24. On voit de quelle utilité ſont les ſurfaces des tangentes, dans la théorie des courbes à double courbure; elles ſont d'ailleurs avec les ſurfaces coniques & cylindriques, les ſeules ſurfaces développables ou compoſées d'élémens plans d'une dimenſion finie: elles ont auſſi cette propriété commune avec les ſurfaces cylindriques & coniques, que leur quadrature dépend de l'intégration d'une quantité différentielle du premier ordre à une ſeule variable, comme nous allons voir.

Problème X.

Fig. 4. 25. *Quarrer la ſurface des tangentes.*

Solution.

Soit $N\delta h'h$ un de ſes élémens, hc une perpendiculaire, abaiſſée du point h ſur le côté $N\delta h'$; le triangle $N\delta h'h$ eſt $= Nh'$

$= Nh' \times \frac{1}{2} hc$: ſoit T la tangente Nh [T eſt une fonction algébrique de x] ; on aura $ch' = dT$, & partant ..... $ch = \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - dT^2)}$. La ſurface eſt donc ..... $\int \frac{1}{2} T \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - dT^2)}$: or, par le moyen des équations H & L, on aura π & φ en x, y & z ; &, par les deux équations de la courbe à double courbure, on aura y & z en x : donc, &c.

26. La ſolidité de l'eſpace renfermé entre cette ſurface, le plan PAQ & le cylindre de projection dépend auſſi de l'intégration d'une fonction différentielle du premier ordre à une ſeule variable. *Fig. 4.*

En effet, ce ſolide eſt compoſé d'élémens pyramidaux, tels que $NMhh'\delta N$: or la pyramide $NMhh'\delta N$ eſt $= MN \times \frac{1}{3} Mhh'$. Soit hK une perpendiculaire, abaiſſée du point h ſur le côté Mh' ; nommons Mh(S), [S ſera une fonction algébrique de x] : on aura $Mhh' = Mh' \times \frac{1}{2} h$K, & partant la valeur du ſolide ſera $\int \frac{1}{6} z \times S \times \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - dS^2)}$.

Je n'inſiſterai pas ſur l'utilité du Problême IX : il ſuffit de dire qu'il peut ſervir à trouver les mêmes affections des courbes à double courbure, pour leſquelles j'ai employé les ſurfaces des tangentes.

PROBLÊME XI.

27. *Trouver la plus grande ou la moindre ordonnée d'une courbe à double courbure.*

SOLUTION.

Suppoſons qu'on demande le plus grand ou le plus petit z ; dans une des deux équations de projection où entre z, cherchez le plus grand ou le plus petit z.

PROBLÊME XII.

28. *Trouver la plus grande ou la plus petite ordonnée d'une ſurface courbe.*

Solution.

Faites x constant, vous aurez une équation en y & z, dans laquelle on trouvera, par la théorie des courbes planes, le plus grand ou le plus petit z, & la valeur de y correspondante à ce *maximum* ou *minimum*; cette valeur de y sera exprimée en constantes & en x. Faites actuellement varier x; l'équation qui donne la valeur de y correspondante au plus grand ou plus petit z, dans chaque section perpendiculaire aux x, deviendra une équation à deux variables x & y, qui sera celle de la projection de tous les points de la surface courbe, qui jouissent du *maximum* ou *minimum* dans chaque section perpendiculaire aux x; & ces points parmi lesquels est celui qui jouit du *maximum* ou *minimum* cherché, forment sur la surface courbe, une courbe à double courbure, dont on a une projection sur le plan des x & y, & dont on trouvera aisément la projection sur le plan des x & z. Or tous les z de la courbe à double courbure étant égaux à ceux de ses projections, la question se réduit à trouver la plus grande ordonnée d'une courbe plane.

Problême XIII.

Fig. 6. 29. *Trouver la plus grande ordonnée plane d'un solide.*

J'appelle ordonnée plane d'un solide, une des sections faites perpendiculairement à un de ses trois axes.

Solution.

Soit PFM′S une de ces ordonnées, perpendiculaire à l'axe des x; soit $AP = x$, $PQ = y$, $QM' = z$: si je représente par $\int'$ l'intégrale, prise en regardant comme constante la variable x, cette surface sera évidemment $= \int' y \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$: donc la différentielle de $\int' y \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$, prise en faisant varier x, & égalée à zéro, donnera la solution du Problême: la question est donc réduite à ce Problême purement analytique: trouver $d \int' y \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$.

Soit donc PFM'S une valeur de $f'y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$, correſpondante à un x quelconque; PfN'S' une autre valeur, correſpondante à une autre x infiniment peu différent du premier; il eſt clair que l'eſpace FM'SS'N'f eſt la valeur de $df'y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$: or, ſi par les points infiniment proches M', m', on mène les ordonnées N'M'Q, $n'm'$Q', on aura [PQ étant $= y$ & QM' $= z$], N'$n'm'$M' $= dy \times (\frac{dz}{dx}) \times dx$, puiſqu'il s'en faut infiniment peu que N'n' ſoit parallèle à M'm' : on aura donc FM'SS'N'f, ou bien $df'y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy = fdy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx$.

On a donc, pour le cas préſent, $fdy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx = 0$.

Lemme premier.

30. Une ſurface plane quelconque, eſt à ſa projection ſur un plan quelconque, comme le rayon eſt au coſinus de l'angle que fait ſon plan avec celui ſur lequel elle eſt projettée. Cette propoſition eſt démontrée dans pluſieurs Auteurs.

Lemme second.

31. Connoiſſant les angles qu'un plan rapporté à trois plans coordonnés, fait, avec deux de ces plans, trouver celui qu'il fait avec le troiſième. *Fig. 3.*

Solution.

Suppoſons qu'on connoiſſe les deux angles p & q formés par le plan IKL avec les plans PAQ, PAR, & qu'on veuille connoître le troiſième angle r qu'il fait avec le plan RAQ; on cherchera dans la pyramide ILAK, dans laquelle on connoît les deux angles p & q que fait la face LIK, avec les faces voiſines, & l'angle droit que font ces deux faces, l'angle AIK; ou, ce qui revient au même, dans le triangle ſphérique ABC, où l'on connoît l'angle A $= 90$, l'angle B $= p$, l'angle C $= q$, on cherchera le côté AB, & on trouvera, par les *Form. de Trig. Sphérique*, cofAIK $= \frac{cof q}{ſin p}$: on connoîtra

donc dans la pyramide KLAI, l'angle AKI compris entre deux angles plans, un de 90°, l'autre $=p$, & il faut trouver le troiſième angle plan r; ou dans le triangle ſphérique, ABC, connoiſſant $A=90$, $B=p$ & AB, complément de AIK, il faut trouver l'angle $C=r$: or on trouvera, par la trigonométrie ſphérique, $\mathit{cof}\, r=\mathit{cof}\,\mathrm{AKI}\times \mathit{ſin}\, p$; mais $\mathit{cof}\,\mathrm{AKI}=\mathit{ſin}\,\mathrm{AIK}=\sqrt{(1-\frac{\mathit{cof}^2 q}{\mathit{ſin}^2 p})}=\frac{\sqrt{(1-\mathit{cof}^2 p-\mathit{cof}^2 q)}}{\mathit{ſin}\, p}$: donc enfin $\mathit{cof}\, r=\sqrt{(1-\mathit{cof}^2 p-\mathit{cof}^2 q)}$.

THÉORÊME.

32. *Le quarré d'une ſurface quelconque plane, rapportée à trois plans coordonnés, eſt égale à la ſomme des quarrés de ſes projections ſur ces trois plans.*

DÉMONSTRATION.

Soit s la ſurface; s', s'', s''' ſes trois projections; p, q, r, les angles qu'elle fait avec les trois plans coordonnés: on aura (n.° 30), $s^2\,\mathit{cof}^2 p=s'^2$, $s^2\,\mathit{cof}^2 q=s''^2$, $s^2\,\mathit{cof}^2 r=s'''^2$: donc $s'^2+s''^2+s'''^2=s^2\times(\mathit{cof}^2 p+\mathit{cof}^2 q+\mathit{cof}^2 r)$; mais (n.° 31) $\mathit{cof}^2 p+\mathit{cof}^2 q+\mathit{cof}^2 r=1$: donc $s^2=s'^2+s''^2+s'''^2$.

REMARQUE.

33. Ce Théorême, auquel on n'avoit point penſé juſqu'ici, eſt très-remarquable par ſon analogie avec celui du quarré de l'hypothénuſe; car celui-ci peut s'énoncer ſous cette forme. Une droite étant rapportée à deux axes perpendiculaires l'un à l'autre, & ſitués avec elle dans le même plan, le quarré de cette droite eſt égal à la ſomme des quarrés de ſes projections ſur ces deux axes. Notre Théorême nous donnera auſſi la quadrature des ſurfaces courbes, comme celui de Pythagore donne la rectification des lignes courbes.

PROBLÊME XIV.

34. *Quarrer une ſurface courbe dont on a l'équation.* FIG. 10.

SOLUTION.

Soient PFMS, pfNs, deux ſections de la ſurface, perpendiculaires aux x & infiniment proches : ſoient NMG, nmK, deux autres ſections perpendiculaires aux y, & infiniment proches ; la portion NnmM de ſurface renfermée entre ces quatre plans, peut être regardée comme plane, & il s'en faut infiniment peu que les lignes MN & mn, Mm & Nn ne ſoient parallèles : cela poſé, il eſt aiſé de voir que la projection du quadrilatère MmnN ſur le plan des y & z, eſt ..... $= me \times Ni = dy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx$; que ſa projection, ſur le plan des x & z, eſt $= Mi \times Me = dx \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$; enfin que ſa projection, ſur le plan des x & y, eſt $= dx\,dy$: donc $N\,nm\,M = \sqrt{\left(dx^2dy^2 + dx^2 \times \left((\frac{dz}{dy}) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left((\frac{dz}{dx}) \cdot dx\right)^2\right)}$: donc la valeur de la zone, compriſe entre les deux plans, FMS, fNS′, eſt ..... $\int' \sqrt{\left(dx^2dy^2 + dx^2 \times \left((\frac{dz}{dy}) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left((\frac{dz}{dx}) \cdot dx\right)^2\right)}$; & enfin $\int\int' \sqrt{\left(dx^2dy^2 + dy^2 \times \left((\frac{dz}{dx}) \cdot dx\right)^2 + dx^2 \times \left((\frac{dz}{dy}) \cdot dy\right)^2\right)}$, ſera la valeur d'une portion finie de la ſurface.

Cette double intégration introduit dans la valeur de la ſurface, deux conſtantes dont la détermination dépend des limites de la portion de ſurface qu'on veut avoir.

EXEMPLE.

35. Soit $xx + yy + zz = aa$ l'équation d'une Sphère ; on aura $(\frac{dz}{dy}) \cdot dy = \frac{-y\,dy}{\sqrt{(aa - xx - yy)}}$ & $(\frac{dz}{dx}) \cdot dx = \frac{-x\,dx}{\sqrt{(aa - xx - yy)}}$; la formule devient donc $\frac{a\,dx\,dy}{\sqrt{(aa - xx - yy)}}$, qu'il faut intégrer comme ſi x étoit conſtant : ſoit $aa - xx = mm$, il faut trouver $\frac{dx}{m}\int \frac{m\,dy}{\sqrt{(mm - yy)}}$; mais $\int \frac{m\,dy}{\sqrt{(mm - yy)}}$ eſt un arc de cercle, qui a m pour rayon, & y

pour ſinus, & qui devient par conſéquent nul, quand $y=0$; d'où il ſuit qu'il n'y a pas de conſtante à ajouter; &, ſi on veut avoir la zone entière, juſqu'à $z=0$; c'eſt-à-dire, juſqu'au plan des x & y, l'arc de cercle deviendra un quart de circonférence, ayant pour rayon m, ou $\sqrt{(aa-xx)}$; ainſi, $\frac{adx}{m}\int\frac{mdy}{\sqrt{(mm-yy)}}$, deviendra (en nommant c le rapport de la cironférence au diamètre) $\frac{adx}{m}\times\frac{cm}{2}=\frac{cadx}{2}$. Il faut actuellement intégrer $\frac{cadx}{2}$; ce qui donne $\frac{acx}{2}+$ une conſtante, qui ſera nulle, ſi on calcule la ſurface depuis $x=0$: calculons-la juſqu'à $x=a$, il viendra $\frac{caa}{2}$; &, comme chacun des huit angles ſolides, formés par les trois plans coordonnés autour d'un point A, contient une portion égale de la ſurface, on aura $4caa$ pour la ſurface de la Sphère: or $4caa=4\cdot 2ac\times\frac{a}{2}$: donc la ſurface de la Sphère eſt quadruple de celle de ſon cercle générateur.

Remarque.

36. Non-ſeulement, par notre formule, nous trouvons les portions de ſurface renfermées entre des plans parallèles aux coordonnés, mais encore une portion de ſurface renfermée par une courbe à double courbure quelconque tracée ſur cette ſurface; ce qui eſt le Problême de la quadrature des ſurfaces courbes pris dans ſa plus grande généralité. Soit, en effet, $qQ'\omega$, la projection d'une courbe à double courbure tracée ſur la ſurface, & qu'on veuille avoir la quadrature de la portion de ſurface renfermée par cette courbe: au-lieu d'intégrer la formule juſqu'à la valeur de y donnée, par la ſuppoſition $z=0$, on l'intégrera juſqu'à la valeur de y donnée, par la valeur qu'a z au point M de la courbe à double courbure, qui ſert de limite à la portion de ſurface qu'on ſe propoſe de quarrer.

Exemple.

37. Prenons pour exemple une ſphère, ayant $aa=xx+yy+zz$ pour équation. Suppoſons que ſon centre ſoit celui

d'une ellipſe décrite avec $2a$ & a pour axes; l'axe $2a$ étant couché ſur celui des x, & l'axe a ſur celui des y, le cylindre élevé ſur cette ellipſe rencontrera la ſurface de la ſphère ſuivant une courbe à double courbure, qui renfermera une portion de ſurface qu'il s'agit de quarrer.

J'ai toujours $\int' \frac{adxdy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$, pour la valeur de ..... $\int' V\left(a^2dx^2dy^2+a^2x^2\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)$; prenant l'intégrale, depuis $y=0$, cette intégrale s'évanouit, en faiſant $y=0$, auſſi-bien que la ſurface de la zone élémentaire: il n'y a donc point de conſtante à ajouter. Actuellement il faut, dans cette intégrale, mettre, pour y, la valeur que donne la ſuppoſition $z=mQ'$; c'eſt-à-dire, qu'il faut, à y, ſubſtituer PQ': or, par la nature de la courbe $qQ'\omega$, on a ..... $PQ'(y)=\frac{1}{2}V(aa-xx)$: il faut donc, dans $\int' \frac{adxdy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$, ou dans ſa valeur $\frac{adx}{\sqrt{(aa-xx)}}$ multipliée par un arc de cercle ayant y pour ſinus & $V(aa-xx)$ pour rayon, ſubſtituer, à y, ſa valeur $\frac{1}{2}V(aa-xx)$: l'intégrale eſt donc $\frac{adx}{V(aa-xx)}$, multipliée par un arc de cercle dont le rayon eſt $V(aa-xx)$, & le ſinus $\frac{1}{2}V(aa-xx)$. Soit $m:n$ le rapport d'un arc de cercle, qui a pour ſinus la moitié du rayon, à ſon rayon; notre intégrale deviendra $\frac{adx}{(aa-xx)}\times\frac{m}{n}V(aa-xx)=\frac{m}{n}aadx$, dont l'intégrale eſt $\frac{max}{n}$. Je n'ajoute point de conſtante, parce que je calcule la ſurface depuis l'origine des x. Reſte à ſavoir juſqu'où il faut prendre cette valeur $\frac{m}{n}ax$, pour avoir toute la portion ſphérique contenue dans l'angle ſolide APER, & limitée par la courbe à double courbure: or il faut, pour cela, donner à x la plus grande valeur qu'il puiſſe avoir dans l'équation $y=\frac{1}{2}V(aa-xx)$ de la courbe $qQ'\omega$ de projection; cette plus grande valeur eſt a: donc $\frac{m}{n}aa$, ou plutôt $8\frac{m}{n}aa$ [Si on veut avoir les huit portions égales de ſurface renfermées dans les huit angles ſolides] eſt la valeur de la ſurface cherchée.

L'expreſſion différentielle de l'élément d'une ſurface courbe, trouvée (N.° 34), eſt de la plus grande utilité dans la ſolution

de plusieurs des Problêmes de mécanique sur les surfaces courbes.

PROBLÊME XV.

38. *Trouver le centre de gravité d'une surface courbe.*

SOLUTION.

Les momens d'un élément quelconque $MmnN$, par rapport aux trois plans coordonnés, sont $Mmn\mathrm{N}\times z$, $Mmn\mathrm{N}\times y$, $Mmn\mathrm{N}\times x$; les trois distances du centre de gravité de la surface aux trois plans coordonnés sont donc .....

$$\frac{\int\int' z\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des x & y; .....

$$\frac{\int\int' y\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des x & z; .....

$$\frac{\int\int' x\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des y & z.

LEMME PREMIER.

39. i étant un angle, i' sa projection, p & q les angles formés par ses côtés avec le plan de projection, on a .... $\cos i=\cos i'\times\cos p\times\cos q+\sin p\times\sin q$.

LEMME SECOND.

FIG. 1. 40. Trouver l'angle que le plan tangent en un point d'une surface courbe fait avec un des trois plans coordonnés.

SOLUTION.

Solution.

Cherchons l'angle que le plan tangent en M fait avec le plan PAE des x & y. On peut regarder le point T comme le ſommet d'une pyramide, dans laquelle on connoît l'angle MTQ, l'angle QTt, & l'angle plan compris entre ces deux faces, qui eſt $= 90°$, & où l'on cherche l'angle plan compris entre les faces QTt & MTt : or, dans un triangle ſphérique ABC, connoiſſant l'angle $B = 90°$, & les côtés $BC = QTt$, $AB = QTM$, par les formules de *Trig. Sphér.* on trouve $tang\ C = \frac{1}{cot QTM \times ſin\ QTt}$: or, 1.° $cot\ QTM = cot\ emM = \frac{dy}{(\frac{dz}{dy})\,dy}$: 2.° $ſin\ QTt$, ou $coſ\ \beta tQ$, eſt, par le n.° 10, ... $= \frac{dx \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2 + dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2\right)}}$; donc ..... $tang\ C = \frac{\sqrt{\left(dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2\right)}}{dx\,dy}$.

Problême XVI.

41. *Déterminer la réſiſtance qu'une ſurface quelconque, mue dans un fluide, éprouve de la part de ce fluide.* Fig. 1.

Solution.

Par l'origine A des coordonnées de la ſurface, menons la droite Aφ, qui ſoit la direction du mouvement de la ſurface; ſoit AC ſa projection, je nomme m l'angle CAP, n l'angle CAφ, V la vîteſſe du corps, D la denſité du fluide, dt l'inſtant dans lequel je conſidère le mouvement. On ſait que $SDV^2 dt\ ſin^2\ i$, eſt la réſiſtance qu'éprouve dans l'inſtant dt, une ſurface S mue dans un fluide d'une denſité D avec une viteſſe V, eſt ſous un angle d'incidence $= i$: on ſait auſſi que S′ étant la projection de S ſur un plan quelconque, $S'DV^2 dt\ ſin^2\ i$

eſt l'effort qui réſulte de cette réſiſtance dans un ſens perpendiculaire au plan de projection.

Cela poſé, faiſant abſtraction du facteur conſtant $DV^2 dt$, & appellant S l'élément MmnN de la ſurface, l'impulſion ſur cet élément ſera .....

$S \times \mathit{sin}^2 i = \mathit{sin}^2 i \times \sqrt{dx^2 dy^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}$,

& les efforts qui en réſultent à la ſurface, perpendiculairement aux trois plans coordonnés, ſeront $dx\,dy\ \mathit{sin}^2 i$, ... $dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy \times \mathit{sin}^2 i$, $dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) \cdot dx \times \mathit{sin}^2 i$: il s'agit donc de déterminer *ſin i*; c'eſt-à-dire, le ſinus d'incidence ſur le plan tangent en un point M quelconque de la ſurface, ou, ce qui revient au même, l'angle que fait la droite Aφ avec le plan MΓt, tangent en M à la ſurface.

Pour cela, de A ſur le plan tangent, ſoit abaiſſée la perpendiculaire AΨ, le plan ϖAΨ coupera le plan tangent ſuivant une droite $\varphi\Psi$, qui fera avec Aφ prolongée, un angle $\Sigma\varphi\Psi$, dont le ſupplément A$\varphi\Psi$ eſt l'angle cherché *i*. Il s'agit donc dans le triangle ϖAΨ rectangle en Ψ de trouver l'angle A$\varphi\Psi$ ou ſon complément φAΨ: pour cela, par Aφ & AΨ, imaginons deux plans perpendiculaires ſur le plan PAE, & qui le coupent, l'un en AC, l'autre en AΔ: 1.° l'angle φAC ſera $= n$: 2.° AΨ eſt perpendiculaire ſur $\Psi\Delta$; par conſéquent ΨAΔ eſt complément de A$\Delta\Psi$; mais A$\Delta\Psi$ eſt l'angle formé par le plan tangent en M avec le plan PAE, & l'on a par le Lemme ſecond, *tang* A$\Delta\Psi$, ou .....

$\mathit{cot}\ \Psi A\Delta = \dfrac{\sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}{dx\,dy}$: 2.° on connoît l'angle PAC $= m$, & l'angle PA$\Delta = 90° +$ ABΔ: on aura donc une expreſſion de l'angle CA$\Delta = 90° +$ AB$\Delta - m$; mais, par le Lemme premier, on a $\mathit{cof}\ \varphi$AΨ, ou $\mathit{ſin}$ A$\varphi\Psi$ $= \mathit{ſin}\ i = \mathit{ſin}\ \varphi$AC $\times \mathit{ſin}\ \Psi A\Delta + \mathit{cof}$ CA$\Delta \times \mathit{cof}\ \varphi$AC $\times \mathit{cof}\ \Psi A\Delta$: or cof CAΔ, ou $\mathit{cof}\ (90° +$ AB$\Delta - m) =$ .....

$\mathit{ſin}\ m \times \mathit{cof}$ AB$\Delta - \mathit{cof}\ m \times \mathit{ſin}$ AB$\Delta =$ .....

$$\frac{\mathit{fin}\, m \times dx\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy - \mathit{cof}\, m \times dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) dx}{\sqrt{dx^2\left(\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}},$$ par le n.° 10.

Reſte donc à trouver, dans la valeur de $\mathit{fin}\, i$, une expreſſion de $\mathit{cof}\, \Psi A \Delta$ & $\mathit{fin}\, \Psi A \Delta$: or $\mathit{fin} = \frac{1}{\sqrt{(1+\mathit{cot})}}$ & $\mathit{cof} = \frac{\mathit{cot}}{\sqrt{(1+\mathit{cot})}}$: donc $\mathit{fin}\, \Psi A \Delta$ eſt [en mettant, pour $\mathit{cot}\, \Psi A \Delta$, ſa valeur trouvée plus haut] = ...

$$\frac{dx\,dy}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}$$

& $\mathit{cof}\, \Psi A \Delta$ = ...

$$\frac{\sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}};$$

Subſtituant ces valeurs dans celle de $\mathit{fin}\, i$, on trouvera, en ſe rappellant que l'angle $\varphi AC = n$, $\mathit{fin}\, i$ = ...

$$\frac{\mathit{cof}\, n \times \left(dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \times \mathit{fin}\, m - dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) dx\, \mathit{cof}\, m\right) + dx\,dy\, \mathit{fin}\, n}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}.$$

L'impulſion du fluide ſur la ſurface NnmM, lui communique donc une quantité de mouvement, qui ſe décompoſe en trois autres perpendiculaires aux trois plans coordonnés, & repréſentées par .....

$$DV^2 dt \times \frac{\left(\mathit{cof}\, n \times \left(dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \times \mathit{fin}\, m - dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) dx \times \mathit{cof}\, m\right) + dx\,dy \times \mathit{fin}\, n\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \frac{\left(\frac{dz}{dx}\right) dx}{dy} \times \frac{\left(\mathit{cof}\, n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \times \mathit{fin}\, m - dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) dx \times \mathit{cof}\, m\right) + dx\,dy \times \mathit{fin}\, n\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \frac{\left(\frac{dz}{dy}\right) dy}{dx} \times \frac{\left(\mathit{cof}\, n \times \left(dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \times \mathit{fin}\, m - dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) dx \times \mathit{cof}\, m\right) + dx\,dy \times \mathit{fin}\, n\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}.$$

Intégrant ces trois quantités ſans faire varier x, on aura les expreſſions des trois efforts qui réſultent à la ſurface perpen-

diculairement aux trois plans coordonnés de l'impulſion du fluide ſur une zone de cette ſurface compriſe entre deux plans infiniment proches & perpendiculaires à l'axe AP des x; intégrant une ſeconde fois, en faiſant varier x, on aura les expreſſions des efforts que le fluide exerce ſur une portion finie de la ſurface perpendiculairement aux trois plans coordonnés: ces expreſſions ſeront .....

$$DV^2dt \times \iint' \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right)dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right)dx \cos m\right) + \sin n \times dx dy\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)dx\right)^2}},$$

$$DV^2dt \times \iint' \frac{\left(\frac{dz}{dx}\right)dx}{dy} \times \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right)dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right)dx \cos m\right) + dx\,dy \sin n\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)dx\right)^2}},$$

$$DV^2dt \times \iint' \frac{\left(\frac{dz}{dy}\right)dy}{dx} \times \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right)dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right)dx \cos m\right) + dx\,dy \sin n\right)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)dx\right)^2}}.$$

42. Imaginons un cylindre tangent à la ſurface & dont les arêtes ſoient parallèles à la direction AΦ du mouvement, il touchera la ſurface, ſuivant une courbe à double courbure, qu'on déterminera, comme il a été dit (N.° 10.), & cette courbe ſera la limite dans laquelle il faudra renfermer l'intégrale, puiſqu'il n'y a évidemment que la portion de ſurface renfermée par cette courbe, qui ſoit expoſée au choc du fluide. C'eſt par cette condition qu'on déterminera les deux conſtantes que la double intégration introduit dans la valeur de la réſiſtance.

On voit encore aiſément, que le N.° 41 donne la réſiſtance qu'éprouve une ſurface dans un fluide, ſoit que cette ſurface ſoit unique & indéfinie, ſoit qu'elle ſoit compoſée d'un nombre fini de ſurfaces géométriques adaptées les unes aux autres; ſeulement dans ce dernier cas, il faut traiter chaque ſurface particulière en particulier, & prendre pour limite des intégrales, la courbe qui termine chaque ſurface particulière, au cas toutefois que cette ſurface ſoit toute entière expoſée au choc du fluide.

43. Il ne ſuffit pas d'avoir les intenſités des efforts dont ſe trouve animée la ſurface perpendiculairement aux trois plans coordonnés, il faut encore avoir les directions réelles de ces efforts, pour pouvoir calculer le mouvement de rotation qui en réſulte à la ſurface.

Soit P, l'effort perpendiculaire au plan des x & y, on aura ſa direction, ſi on connoit ſes diſtances aux deux autres plans: or, par la théorie des forces parallèles, on aura la diſtance à un des deux plans, en diviſant la ſomme des momens de chaque effort partiel pris par rapport à un de ces deux plans par la ſomme des efforts partiels: ces deux diſtances ſeront donc

$$\iint \frac{x \times \left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dx dy \sin n\right)^2}{dx dy + \sqrt{dx^2\left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2\left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}$$

$$\iint \frac{\left(\cos n \times dx\left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dx dy \sin n\right)^2}{dx dy + \sqrt{dx^2\left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2\left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}$$

$$\iint \frac{y \times \left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) \cos m\right) + dx dy \sin n\right)^2}{dx dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}$$

$$\& \iint \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) \cos m\right) + dx dy \sin n\right)^2}{dx dy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}.$$

On trouveroit de même les directions des deux autres efforts.

Remarque.

44. Le Lemme que nous avons ſuppoſé, N.° 30, donne le rapport d'une ſection de priſme droit à ſa baſe; mais il n'eſt qu'un cas particulier d'une propoſition beaucoup plus générale, que voici avec ſa démonſtration.

Théorême.

45. *Les deux baſes d'un priſme oblique quelconque, ſont réciproquement proportionnelles au ſinus des angles qu'elles font avec les arêtes du priſme.* Fig. 7.

Démonstration.

Soit ABCDKG, un prisme triangulaire quelconque, on sait qu'il est égal au produit d'une de ses bases par le tiers de la somme des perpendiculaires abaissées des angles de l'autre base. Soit CP, une de ces perpendiculaires, l'angle CKP sera celui que chaque arête fait avec la base DKG; soit m cet angle, a la somme des arêtes, p la somme des perpendiculaires abaissées sur DKG; le triangle CPK, donne ..... CP : KC :: *sin* m : 1, & comme chaque arête est à sa perpendiculaire dans le même rapport, on a $p : a :: \sin m : 1$, & partant $p = a \sin m$, on aura aussi $p' = a \sin n$, (p' étant la somme des perpendiculaires abaissées sur ACB, & n l'angle que font les arêtes avec ce plan ABC); mais le tronc est $= KDG \times \frac{1}{3}p$, il est aussi $= ABC \times \frac{1}{3}p'$; donc ..... $DKG \times \frac{1}{3}p = ABC \times \frac{1}{3}p'$; donc $DKG \times a \sin m = ABC \times a \sin n$, donc DGK : ABC :: *sin* n : *sin* m: d'où on conclura aisément, pour un prisme à bases quelconques, que ses deux bases sont réciproquement comme les sinus des angles qu'elles font avec les arêtes.

Corollaire.

46. Cette même proposition donne le moyen de déterminer sur un cone droit tous les espaces qui sont quarrables géométriquement.

En effet, on en déduira aisément, qu'une portion quelconque de surface de cone droit est à sa projection sur la base, comme l'apothême est au rayon; d'où il suit, qu'ayant décrit sur la base d'un cone droit une courbe quelconque quarrable, le cylindre élevé dessus cette courbe, renfermera une portion de surface conique aussi quarrable.

Problême XVII.

Fig. 1. 47. *Cuber un solide dont on a l'équation.*

SOLUTION.

Soit PFMS, pfNS′ deux ſections infiniment proches, faites perpendiculairement à l'axe AP des x, une de ces ſections (n.° 29) eſt $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$; la valeur de la tranche compriſe entre ces deux ſections eſt donc $dx\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$; & partant la valeur du ſolide eſt $\int dx\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$: quant aux deux conſtantes qu'introduit cette double intégration dans la valeur du ſolide, on les déterminera, comme nous allons voir, par les limites de la partie du ſolide qu'on ſe propoſe d'avoir.

EXEMPLE.

48. Cherchons le ſolide qui a pour équation ..... $x^2+y^2+\frac{bb}{aa}zz=bb$; cette équation eſt celle d'un ellipſoïde alongé ou applati, ayant $2a$ pour axe de révolution: on a $(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\times\frac{-y\,dy}{\sqrt{(bb-xx-yy)}}$: donc, faiſant $bb-xx=mm$, on aura $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\int'\frac{-y\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$: or $\frac{-y\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$ eſt l'élément d'un demi-ſegment de cercle, ayant m pour rayon, y pour ſinus: donc $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\times$ ce demi-ſegment + une conſtante C: pour déterminer C, ſuppoſons qu'on veuille avoir tout le ſolide renfermé entre les deux plans PAE, PAR, & partant toute la ſurface PFMS; alors, faiſant $y=0$, je remarque que la ſurface que je veux avoir, ou $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=0$: donc $\frac{a}{b}\times$ le demi-ſegment $+C=0$: donc $C=0$, puiſque le demi-ſegment devient nul, en faiſant $y=0$; &, puiſque je veux avoir toute la ſurface PFMS, il faut faire $z=0$; ce qui donne $y=\sqrt{(bb-xx)}$: je dois donc, dans la valeur de $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$, mettre, pour y, cette valeur; alors $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$ devient $=\frac{a}{b}\times\frac{1}{4}$ du cercle, qui a $\sqrt{(bb-xx)}$ pour rayon: donc, ſi $c:1$ exprime le rapport de la circonférence au diamètre, $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$ devient $\frac{a}{b}\times\frac{c}{4}\times(bb-xx)$: il s'agit donc actuellement d'intégrer $\frac{a}{b}\times\frac{c}{4}\times(bb-xx)\,dx$; ce qui donne $\frac{ac}{4b}\times(bbx-\frac{x^3}{3})+C'$:

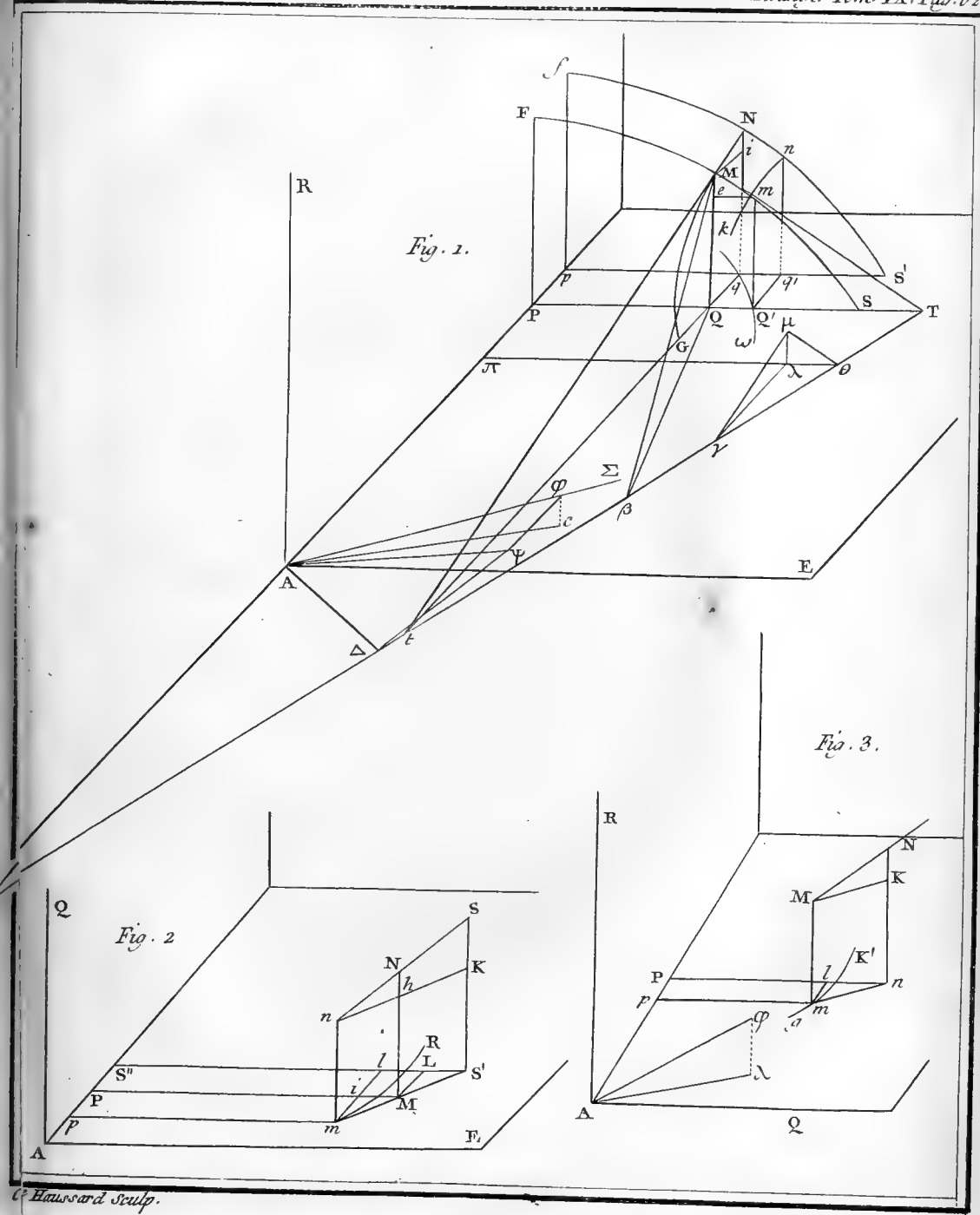
ſi on calcule le ſolide depuis l'origine des x, il eſt évident que, faiſant $x=0$, le ſolide devient $=0$: donc $C'=0$. Supposons qu'on veuille avoir la partie du ſolide compriſe entre l'origine des x & un plan mené perpendiculairement aux x, à une diſtance b de l'origine, la formule devient $\frac{ac}{4b}\times\frac{2}{3}b^3=\frac{acb^2}{6}$; &, comme chacun des huit angles ſolides, formés par les plans coordonnés, contient une partie égale de ce ſolide, l'ellipſoïde entier eſt $=\frac{8acb^2}{6}=2cb\times\frac{b}{2}\times 2a\times\frac{2}{3}$: donc un ellipſoïde alongé ou applati, eſt égal aux deux tiers du cylindre circonſcrit.

Remarque.

49. Dans ce cas-ci, nous ſavions que le ſolide ne s'étendoit pas, dans le ſens des x, au-delà de la quantité b : ſi nous l'avions ignoré, nous aurions pu chercher une partie du ſolide correſpondante à une $x=b+e$; le réſultat que nous aurions trouvé, $\frac{ac}{4b}\times\frac{2b^3+e^3+3be^2}{3}$ étant moindre que $\frac{acb^2}{6}$, trouvé en faiſant $x=b$, indique une contradiction, puiſque, ſi le ſolide s'étend juſqu'à $x=b+e$, la partie de ce ſolide, correſpondante à $x=b+e$ doit être plus grande que la partie du même ſolide correſpondante à $x=b$. C'eſt cette contradiction même qui nous apprend que le ſolide ne s'étend pas juſqu'à une valeur de $x=b+e$.

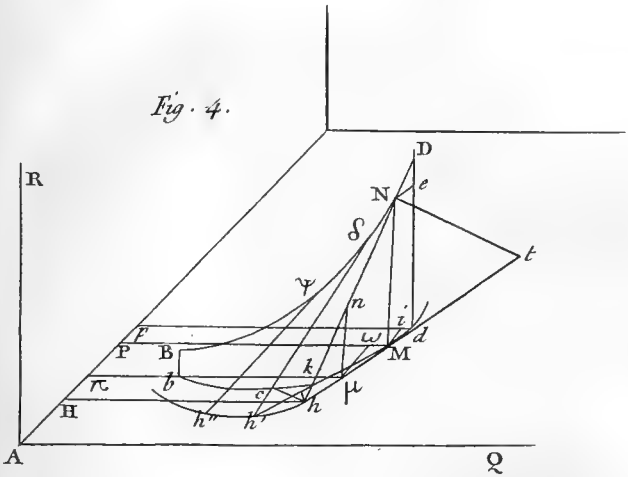
Il faut donc toujours chercher les limites du ſolide dans le ſens des trois axes, pour n'être pas expoſé à ſe tromper ſur ſa vraie valeur.

SUR



C. Haussard Sculp.

Fig. 4.



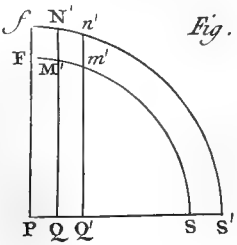
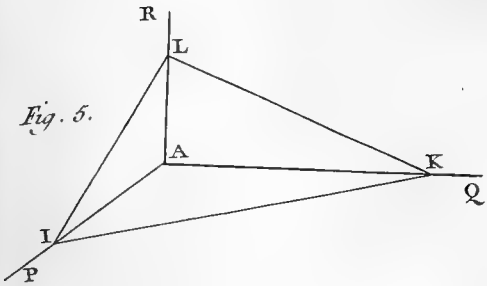


Fig. 6.

Fig. 5.



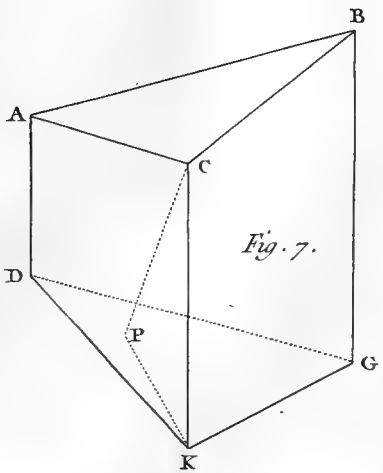
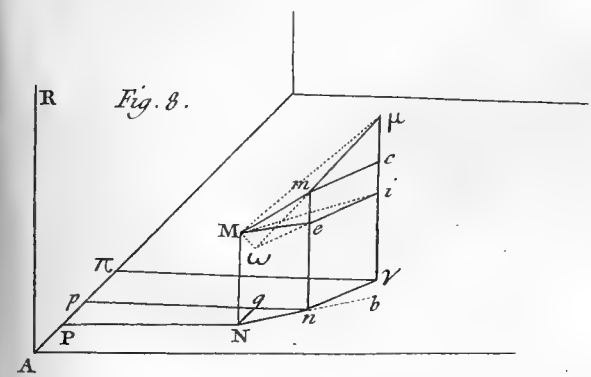


Fig. 7.

Fig. 8.



Ph. Haussard Sculp.

NATURAL HISTORY

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS DES SOLIDES *RENFERMÉS PAR DES SURFACES COMPOSÉES DE LIGNES DROITES*

Par M. TINSEAU,
Correſpondant de l'Académie, Officier au Corps Royal du Génie.

PARMI l'infinité de claſſes de ſurfaces que peut conſidérer la Géométrie, il en eſt une qui mérite une attention particulière : ce ſont celles qui ſont compoſées de lignes droites, ou, pour parler plus rigoureuſement, dans leſquelles on peut mener des droites, ſuivant certaines directions. Un grand Géomètre, que ſes Ouvrages louent bien mieux que je ne pourrois faire, M. Monge a donné, ſur cette matière, des Mémoires adoptés avec empreſſement par l'Académie ; mais, ne s'étant point occupé de la cubature des ſolides qu'elles renferment, ni de pluſieurs propriétés que j'y ai remarquées, je me propoſe ici de donner quelques propoſitions nouvelles ſur ce ſujet.

1.° En général, ſi l'on aſſujétit une droite mobile à toucher, ou plutôt enfiler toujours trois courbes exiſtantes dans différens plans, on aura une ſurface compoſée de droites, & en faiſant varier, comme il convient, ces trois courbes, on aura toutes les ſurfaces poſſibles compoſées de lignes droites. On peut nommer, en général *ſurfaces gauches*, ces ſurfaces, qui, dans différens cas particuliers, deviennent des ſurfaces connues, coniques, cylindriques, ſurfaces de tangentes ou à arêtes de rebrouſſement, &c.

2. Si l'on ne prend que deux courbes, pour les faire enfiler ſucceſſivement dans tous leurs points par une même droite mobile, la ſurface n'eſt plus déterminée, il faut encore une condition ou loi à laquelle ſoit aſſujéti le mouvement de cette droite.

Fig. 1. 3. Imaginons donc un plan ACQ que, pour faciliter le diſcours, je ſuppoſe horizontal, une droite AB, que je nomme l'*axe*, inclinée comme l'on voudra à ce plan, & une courbe quelconque DEQ, ſituée hors du plan horizontal, que je nomme *la directrice*; concevons enſuite une droite mobile AQ, qui, demeurant toujours parallèle à l'horizon, paſſe ſucceſſivement par les points correſpondans de l'axe & de la directrice, on aura une claſſe particulière de ſurfaces gauches, connues dans l'Architecture ſous le nom de *conoïdes*. Cette claſſe ſe ſubdiviſera en eſpèces, ſuivant que variera la courbe qui ſert de directrice dans ſa formation. Si l'axe eſt perpendiculaire à l'horizon, on peut l'appeller *conoïde droit* & *conoïde oblique* dans les autres cas. Toute ſurface de cette eſpèce eſt évidemment infinie & partagée par ſon axe en deux parties égales, comme un cone l'eſt par ſon ſommet.

4. Soit coupé un conoïde par un plan parallèle à ſon axe, & ſuppoſons que DEQ, ſoit la ſection; conſidérons le ſolide compris entre le plan horizontal ACQ, le plan de la baſe CDEQ, la ſurface du conoïde & un plan quelconque ABDC mené par l'axe, & un point quelconque D de la baſe: il a des propriétés qui méritent d'être remarquées par leur analogie avec celles du priſme & de la pyramide.

Théorême premier.

Les aires des ſections CDEQ, PdNq, *parallèles entr'elles & à l'axe, ſont proportionnelles à leurs diſtances de cet axe.*

Démonstration.

Imaginons une infinité de plans horizontaux infiniment pro-

ches, qui couperont le ſolide ſuivant des triangles, & les deux ſections CDEQ, P*d*N*q*, ſuivant des parallèles : ces plans diviſeront les deux ſections en un même nombre de petits parallélogrammes de même hauteur deux à deux, tels que E*ef*F, N*ng*G, &c. donc E*ef*F : N*ng*G :: E*e* : N*n* :: BD : B*d*, comme les diſtances des deux ſections à l'axe : donc la ſomme des aires E*ef*F & la ſomme des aires N*ng*G, c'eſt-à-dire, les aires des ſections CDEQ & P*d*N*q* ſont proportionnelles à leur diſtance à l'axe.

THÉORÊME II.

Le ſolide ABDCQCA *eſt égal au produit de ſa baſe* CDEQ, *par la moitié de ſa hauteur perpendiculaire.*

DÉMONSTRATION.

On peut le regarder comme compoſé d'une infinité de tranches, compriſes entre des ſections parallèles à la baſe : ſoit P*d*N*q* une de ces ſections, x ſa diſtance perpendiculaire à l'axe, B la baſe, h la hauteur du conoïde, dx l'épaiſſeur de la tranche qui a P*d*N*q* pour baſe, cette tranche ſera *(Théor. I.)* $\frac{Bx}{h} \times dx$: le ſolide eſt donc $\int\left(\frac{Bxdx}{h}\right) = \frac{Bx^2}{2h}$ (la conſtante eſt nulle en calculant le ſolide depuis l'axe) : faiſant $x = h$, $\frac{Bh}{2}$ ſera la valeur du ſolide entier.

On tirera aiſément de-là la ſolidité d'un tronc de conoïde terminé par des baſes parallèles entr'elles & à l'axe.

Ce même Théorême auroit pu ſe déduire de ce que les tranches, en leur ſuppoſant même épaiſſeur, croiſſent comme les ordonnées d'un triangle.

THÉORÊME III.

Le centre de gravité d'un conoïde eſt aux tiers, à compter depuis l'axe, de la ligne horizontale o ω *menée du centre de gravité* o *de la baſe à l'axe.*

DÉMONSTRATION.

Pour le démontrer, je vais d'abord faire voir, que cette ligne $o\omega$ paſſe par les centres de gravité de toutes les ſections parallèles à la baſe : en effet, la diſtance du centre de gravité de la ſection $PdNq$ au plan horizontal (priſe parallélement à l'axe AB) eſt.....

$\frac{\int NGgn \times MN}{\int NGgn} = \frac{\int \frac{x}{b} \times EFfe \times EH}{\int \frac{x}{b} \times EFfe} = \frac{\int EFfe \times EH}{\int EFfe}$; c'eſt-à-dire, la même que celle du centre de la baſe ; donc le plan horizontal mené par le centre de gravité o de la baſe, contient les centres de toutes les ſections parallèles à cette baſe.

La diſtance du centre de gravité de la ſection $PdNq$ au plan ABDC (priſe parallélement à la droite CQ) eſt $= \frac{\int NGgn \times \frac{Nn}{2}}{\int NGgn} = \frac{\int \frac{x}{b} \times EFfe \times \frac{Ee}{2} \times \frac{x}{b}}{\int \frac{x}{b} \times EFfe} = \frac{x}{h} \times \frac{\int EFfe \times \frac{Ee}{2}}{\int EFfe}$; c'eſt-à-dire, qu'elle eſt à la diſtance du centre de gravité o de la baſe comme $x : h$: ce centre eſt donc dans le plan mené par l'axe & le centre de gravité de la baſe : donc l'interſection de ces deux plans, c'eſt-à-dire, la ligne horizontale $o\omega$ menée du centre de gravité de la baſe à l'axe, contient les centres de toutes les ſections parallèles à la baſe, & par conſéquent de toutes les tranches que terminent les ſections & par conſéquent enfin du conoïde.

Il ne reſte donc plus qu'à trouver la poſition de ce centre ſur la ligne $o\omega$. Or une tranche quelconque parallèle à la baſe eſt (*Théor. I.*) $= \frac{Bxdx}{b}$ & ſon moment par rapport au point ω, $\frac{Bxdx}{b} \times o'\omega$; mais $\omega o' : x :: \omega o : h$: ce moment eſt donc $\frac{Bx^2dx}{b^2} \times \omega o$, donc $\frac{\int \frac{Bx^2dx}{b^2} \times \omega o}{\int \frac{Bxdx}{b}}$ eſt la diſtance du centre de gravité du ſolide au point ω, ou ayant égard à ce que la conſ-

tante eſt nulle ſi on calcule le ſolide depuis l'axe, ... $\frac{\left(\frac{Bx^3}{3b^2}\right)}{\left(\frac{Bx^2}{2b}\right)} = \frac{2}{3}\omega o \times \frac{x}{b} = \frac{2}{3}\omega o'$. Cela peut d'ailleurs ſe déduire de ce que les tranches croiſſent comme les ordonnées d'un triangle.

On tirera aiſément de-là la poſition du centre de gravité d'une tranche de conoïde terminée par des baſes parallèles entr'elles, & à l'axe ſur la droite qui joint les centres de gravité de ſes deux baſes.

5. Une autre propriété remarquable des ſurfaces de conoïdes, c'eſt la ſimplicité de leur équation, en prenant pour axe des coordonnées, les droites AB, AC, CQ: en effet, ſoit N un point quelconque de la ſurface, NM $= z$, MP $= y$, AP $= x$ ſes coordonnés; on a $z =$ EH, mais EH $= \varphi$ (CH), φ indiquant une fonction quelconque donnée par la nature de la baſe; donc $z = \varphi$ (CH). Or CH $= \frac{y \times AC}{x}$ donc $z = \varphi\left(\frac{y \times AC}{x}\right)$.

6. Je vais actuellement déduire des principes précédens, les principales propriétés d'une eſpèce de ſurface connue proprement ſous le nom de *ſurface gauche* ou de *quadrilatère gauche*; c'eſt par ce dernier nom que je le déſignerai. FIG. 2.

Soient AB, CD, deux droites indéfinies ſituées dans différens plans & projetées au plan horizontal en A*b* & C*d*. Si on connoît les angles CA*b*, BA*b*, AC*d* & DC*d*, la longueur de AC, ces deux droites ſont données de poſition dans l'eſpace; il y a encore pluſieurs autres manières de fixer leurs poſitions.

7.° Parallélement au plan horizontal CA*b*, ſoient menées une infinité de droites, telles BD, F*f*, &c. qui paſſent par les lignes AB, CD, on aura une ſurface du genre des conoïdes, dont on pourra regarder AB comme l'axe, CD comme la directrice. Cette ſurface s'étend à l'infini dans tous les ſens, puiſqu'on peut par tous les points de AB & CD

prolongées à l'infini, mener des droites horizontales telles que BD, & prolonger encore celles-ci à l'infini. Il eſt clair que, par tous les élémens AC, F*f*, BD de cette ſurface, on peut mener des plans parallèles, & comme des plans parallèles coupent en parties proportionnelles des droites ſituées ou non dans le même plan, les lignes indéfinies AB, CD ſeront coupées par les élémens de la ſurface en parties proportionnelles entr'elles & aux droites AB, CD; d'où il ſuit que la ſurface dont nous venons de donner la formation, eſt la même que celle qu'on nomme *ſurface gauche*, *plan gauche* ou *quadrilatère gauche*, priſe ſuivant la définition commune.

8. L'équation de cette ſurface eſt extrêmement ſimple; ſoit A l'origine des coordonnées, AC l'axe des x, menons D∂ parallèle & égale à AB, & partant terminée au plan CAB; menons auſſi C∂, ſoit N un point quelconque de la ſurface, BD l'élément ſur lequel il eſt ſitué, menons NM parallèle à AB & MP à C∂, enfin ſoient AP$=x$, PM$=y$, MN$=z$, AC$=a$, ∂DC$=$K, ∂CD$=$L, on a C$\partial=\frac{ay}{x}$ mais C∂ : D$\partial=z$ :: *ſin* K : *ſin* L; donc $\frac{ay}{x}=\frac{z\,\text{ſin K}}{\text{ſin L}}$ ou $y=\frac{xz\,\text{ſin K}}{a\,\text{ſin L}}$.

9. Il ſuit de cette équation, que toutes les ſections planes qu'on peut faire dans un quadrilatère gauche, ſont des droites ou des hyperboles.

Soit 1° $z=h$, il vient $y=\frac{hx\,\text{ſin K}}{a\,\text{ſin L}}$ ce qui nous apprend ce que nous ſavons déjà par la formation; ſavoir, que toutes les coupes horizontales, ſont des droites paſſant par les points correſpondans des lignes AB, CD, j'appellerai *élémens directs* de la ſurface, ces droites dont elle eſt compoſée parallélement au plan horizontal.

Soit 2.° $x=h$, il vient $y=\frac{hz\,\text{ſin K}}{a\,\text{ſin L}}$ donc les coupes faites parallélement au plan CD∂, ou aux deux directrices AB, CD, ſont encore des droites: donc la ſurface d'un quadrilatère gauche eſt compoſée, non ſeulement de droites paral-

lèles au plan horizontal C A b, mais encore dans un autre ſens de droites parallèles au plan C D ∂, mené parallèlement aux deux directrices. J'appellerai *élémens tranſverſes* de la ſurface, ces droites dont elle eſt compoſée parallélement au plan C D ∂.

10. Tous les élémens tranſverſes étant ſitués dans des plans parallèles, coupent les élémens directs en parties proportionnelles aux côtés A C, B D; par la même raiſon, les élémens directs A C, Ff, B D, &c. coupent les élémens tranſverſes A B, N P, C D en parties proportionnelles aux deux côtés A C, B D: ainſi, dans un quadrilatère gauche A B D C, on a la même ſurface en diviſant les côtés oppoſés A B, C D en parties proportionnelles à ces côtés, & joignant les points correſpondans par des droites, que ſi on eût diviſé les deux autres côtés A C, B D en parties proportionnelles à ces côtés, & mené des droites par les points de diviſion. On peut donc regarder indifféremment comme directrices, ou les deux côtés A B, C D, ou les deux autres A C, B D. On peut encore tirer de-là ce

Théorême IV.

Un élément quelconque direct de quadrilatère gauche & un élément tranſverſe ſe coupent en parties proportionnelles aux parties correſpondantes de leurs directrices reſpectives : ainſi, Nφ : φP :: B F : A F : & Fφ : $f\varphi$ :: A P : P C.

11. On peut tirer de-là une démonſtration bien ſimple de cette propoſition ſi utile en Mécanique, que le centre de gravité du ſyſtême de tant de corps qu'on voudra, dont les centres ſe meuvent uniformément en ligne droite, ſe meut lui-même uniformément en ligne droite.

Soient A & B les centres de gravité de deux corps qui ſe meuvent uniformément le long des lignes A C, B D, avec des vîteſſes repréſentées par A C & B D, F le centre de gravité de leur ſyſtême, Ff un élément direct du quadrilatère gauche,

f ſera encore le centre du ſyſtême au moment où les deux corps arriveront, l'un en C, l'autre en D. Il faut donc prouver que ce centre a parcouru uniformément la droite Ff; pour cela ſoit NP, un élément quelconque tranſverſe, les deux corps A & B arriveront en même tems aux points P & N, & partant le centre de leur ſyſtême ſera en un point φ de la droite NP tel qu'on ait $N\varphi : \varphi P :: BF : AF$, c'eſt-à-dire, au point d'interſection des deux élémens NP, Ff, (Th. 4.) donc 1.° le centre du ſyſtême parcourt la droite Ff: 2.° il la parcourt uniformément; car (Th. 4.) $F\varphi : Ff :: AP : AC$: donc, &c.

12. Nous avons vu, plus haut, que tous les élémens directs d'un quadrilatère gauche ſont parallèles à un même plan, & ſes élémens ſont tranſverſes à un ſecond plan. Ces deux plans ont entr'eux une certaine inclinaiſon que je vais déterminer: pour cela nommons ($AC = a$, $AB = D\partial = b$, $BAb = D\partial d = p$, $DCd = q$, $CAb = m$, $ACd = n$) on aura ($Bb = Dd = b \sin p$, $Ab = d\partial = b \cos p$, $CD = \frac{b \sin p}{\sin q}$, $Cd = \frac{b \sin p}{\text{tang. } q}$) le point ∂ eſt le ſommet d'une pyramide triangulaire dont les faces ſont $D\partial d = p$, $d\partial C$ qu'il eſt aiſé de calculer & $D\partial C$ qui fait avec $d\partial C$ l'angle cherché : pour calculer $d\partial c$ je prolonge $d\partial$ en i & dans le triangle Cid j'ai l'angle $i = m$, l'angle $C = n$ & le troiſième par conſéquent $= 180° - m - n$ donc $\sin Cd\partial = \sin (m+n)$ & $\cos Cd\partial = -\cos (m+n)$ de plus $Cd = \frac{b \sin p}{\text{tang } q}$ & $\partial d = b \cos p$. Mais dans tout triangle $d\partial C$ on a.....

$$\text{tang } d\partial C = \frac{Cd \times \sin Cd\partial}{\partial d - Cd \times \cos Cd\partial} : \text{donc}.....;$$

$$\text{tang } d\partial C = \frac{\frac{b \sin p}{\text{tang } q} \times \sin (m+n)}{b \cos p + \frac{b \sin p}{\text{tang } q} \times \cos (m+n)} = ...$$

$$\frac{b \sin p \sin (m+n)}{b \cos p \text{ tang } q + b \sin p \cos (m+n)} = \frac{\sin (m+n)}{\cot p \text{ tang } q + \cos (m+n)}.$$

On connoît donc dans la pyramide deux faces & l'angle droit qu'elles contiennent, ou dans le triangle ſphérique ABC correſpondant,

correſpondant, les côtés AB $= p$, AC $= d\partial c$, & l'angle droit A; & il s'agit de trouver l'inclinaiſon de la troiſième face ſur la ſeconde, ou l'angle C: or, dans un triangle ſphérique ABC, rectangle en A, on a .....

$$tang\,C = \frac{1}{ſin\,AC \times cot\,AB} = \frac{tang\,AB}{ſin\,AC}$$: donc $tang\,C = \frac{tang\,p}{ſin\,d\partial C}$; mais $ſin = \frac{tang}{\sqrt{(1+tang^2)}}$: donc $ſin\,d\partial C = \frac{ſin\,(m+n)}{(cot\,p\,tang\,q + cof\,(m+n)) \times}$

$$\times \sqrt{\left(1 + \frac{ſin^2\,(m+n)}{(cot\,p\,tang\,q + cof\,(m+n))^2}\right)} = ...$$

$$\frac{ſin\,(m+n)}{\sqrt{\left((cot\,p\,tang\,q + cof\,(m+n))^2 + ſin^2\,(m+n)\right)}}$$: donc .....

$$tang\,C = \frac{tang\,p\,\sqrt{\left((cot\,p\,tang\,q + cof\,(m+n))^2 + ſin^2\,(m+n)\right)}}{ſin\,(m+n)}$$; &, à cauſe de $tang \times cot = 1$, on a .....

$$tang\,C = \frac{\sqrt{(tang^2\,p + tang^2\,q + 2\,tang\,p\,tang\,q\,cof\,(m+n))}}{ſin\,(m+n)}.$$

13. Pour trouver les cas où ces deux plans directeurs du quadrilatère gauche deviennent perpendiculaires l'un à l'autre, il n'y a qu'à ſuppoſer *tang* C ou ſa valeur infinie, ce qui donne ſin. $(m+n) = o$, & partant $m+n = 180$, c'eſt-à-dire, qu'alors les projections de deux côtés oppoſés ſur le plan parallèle aux deux autres, ſont parallèles. Les deux plans ſont encore perpendiculaires, quand un des angles p & q eſt droit ou tous les deux, ce qui eſt évident de ſoi-même, & par la valeur de *tang* C: quand les deux plans ſont perpendiculaires l'un à l'autre, le quadrilatère gauche devient une portion de conoïde droit, puiſqu'alors il y a évidemment un des élémens tranſverſes de la ſurface perpendiculaire au plan horizontal.

14. Soit donc GR, cet élément vertical, c'eſt-à-dire, l'axe perpendiculaire du conoïde droit, dont ABCD fait partie. Pour retrouver ſa diſtance AG du point A, prenons-le pour axe des z, mettons au point G l'origine des x, & nommons g *Fig. 3.*

la distance AG, nous aurons (n.° 8) ..... MP $= \frac{GP \times MN}{AG} \times \frac{\sin ABb}{\sin BAb}$, ou $y = \frac{x\zeta}{g \operatorname{tang} p}$; mais, supposant $x = GC$, ou $g + a$, & $\zeta = Dd = b \sin p$, y sera $= Cd = \frac{b \sin p}{\operatorname{tang} q}$: donc $\frac{b \sin p}{\operatorname{tang} q} = \frac{b \sin p \times (g+a)}{g \operatorname{tang} p}$: donc $g = \frac{a \operatorname{tang} q}{\operatorname{tang} p - \operatorname{tang} q}$: l'équation sera donc $y = \frac{x\zeta(\operatorname{tang} p - \operatorname{tang} q)}{a \operatorname{tang} p \operatorname{tang} q}$.

Fig. 4. 15. Reprenons l'équation $y = \frac{x\zeta}{g \operatorname{tang} p}$, dont les coordonnées sont GP, PM, MN, & par G, menons GQ dans le plan horizontal perpendiculaire aux PM ou y, & prolongeons les droites Ab, Pm, Cd jusqu'à ce qu'elles rencontrent GQ en a, π, Δ ; nommons Gπ (x'), πM (y') & MN étant toujours ζ, cherchons l'équation entre x', y' & ζ coordonnées rectangles, nous aurons Gπ (x') : GP (x) :: $\sin m$: 1 : donc $x = \frac{x'}{\sin m}$; de même P$\pi = \frac{x'}{\cos m}$: donc $y = M\pi - P\pi = y' - \frac{x'}{\cos m}$: donc $\frac{y' \cos m - x'}{\cos m} = \frac{x'\zeta}{g \sin m \operatorname{tang} p}$; équation entre les coordonnées rectangles de la surface.

dGQ étant toujours le plan horizontal, si, par l'axe RGF prolongé & GQ, on fait passer un plan, il coupera la surface, suivant une arête F$a'\pi'$, perpendiculaire à l'axe, & parallèle à GQ ; par cette arête, menons un plan horizontal, qui rencontre en b', M', &c. les ordonnées Bb, NM, &c. &, par ces points b', M', les droites $b'a'$, M'π', parallèles à Mπ ; nommons x, y, ζ les coordonnées Fπ', π'M', M'N ; e la droite F$a' =$ Ga (a' est le point où l'arête AB rencontre Fπ'), nous aurons (n.° 8), $y = \frac{x\zeta}{e \operatorname{tang} p}$; équation de surface entre des coordonnées rectangles, la plus simple possible après celle du plan.

On connoîtra aisément la distance FG (f), à laquelle passe ce nouveau plan horizontal : car, soit $x =$ F$a' =$ G$a = e$, $y = a'$A$' =$ a$A = g \cos m$, ζ sera $= f$: donc $g \cos m = \frac{ef}{e \operatorname{tang} p}$: donc $f = g \cos m \operatorname{tang} p$, ou $f = \frac{a \cos m \operatorname{tang} p \operatorname{tang} q}{\operatorname{tang} p - \operatorname{tang} q}$, en remettant pour g sa valeur trouvée n.° 14.

16. Il eſt aiſé de connoître la valeur de l'angle BAC, & de celui que fait le plan BAC avec le plan horizontal CAb: ainſi, on pourra, ſi l'on veut reconclure l'équation de la ſurface du quadrilatère gauche par rapport au plan mené par deux de ſes côtés contigus. Il eſt auſſi aiſé de la trouver directement; je ne m'y arrêterai pas, parce qu'elle eſt beaucoup plus compliquée que celle que nous avons trouvé (N.° 8) & qu'elle ne ſert pas plus pour les propriétés de la ſurface. Fig. 2.

17. On peut demander le *minimum* de tous les élémens AB, NP, CD, du quadrilatère gauche: or, dans le triangle NMP, l'angle NMP eſt conſtant; nommons-le M: ..... NM = AB = b, MP ou $y = \frac{bx \sin K}{a \sin L}$; mais ..... NP = $\sqrt{((NM)^2 + (MP)^2 - 2NM \times MP \times \cos M)}$ = ... $\sqrt{\left(b^2 + \frac{b^2 x^2 \sin^2 K}{a^2 \sin^2 L} - \frac{2b^2 x \sin K \cos M}{a \sin L}\right)}$, qui doit être un *minimum*: donc $2x\,dx \times \sin K - 2a \sin L \cos M\,dx = 0$: donc $x = \frac{a \sin L \cos M}{\sin K}$; mais ..... $\cos M = -\cos(K+L) = \sin L \times \sin K - \cos L \cos K$: donc .. $x = a \sin L \times (\sin L - \cos L \cot K)$: voilà le lieu du *minimum*: quant à ſa valeur, la voici: On a, en ſubſtituant à x ſa valeur particulière, ...

$$NP = b\sqrt{\left(1 + \frac{\sin^2 K \times a^2 \sin^2 L \cos^2 M}{a^2 \sin^2 L \times \sin^2 K} - \frac{2 \sin K \cos M \times a \sin L \cos M}{a \sin L \sin K}\right)}$$

$= b\sqrt{(1 + \cos^2 M - 2\cos^2 M)} = b \sin M$; l'équation ..... NP = $b \sin M$ donne NP : NM : : $\sin M$: I; c'eſt-à-dire que le plus court des élémens rectilignes d'un quadrilatère gauche, eſt celui qui fait avec ſa projection oblique un angle droit.

18. On pourroit demander, non pas l'élément le plus court de la ſurface gauche terminé aux droites AC, BD; mais la droite la plus courte abſolument qu'on puiſſe mener de l'une à l'autre. Je vais donner la conſtruction de ce Problême par une méthode uſitée dans la coupe des pierres, & qui, par ſon utilité, mériteroit d'être plus connue.

Imaginons que A & a ſoient les points où les deux lignes données de poſition rencontrent un plan connu, que je ſuppoſerai horizontal, que AC & aC ſoient les projections de ces droites ſur ce plan, ou, ce qui revient au même, que les angles formés par ces projections AC, aC, avec la ligne fixe Aa, ſoient connus, la droite qui paſſe par A à un de ſes points, qui correſpond verticalement au point C, nommons-le Z, & partant cette ligne AZ, nommons aZ′ l'autre ligne, (Z′ étant celui de ſes points qui correſpond verticalement au point C,) les angles que forment les droites AZ, aZ avec leurs projections AC, aC, ſont cenſé connus, on connoîtra donc les hauteurs CZ, CZ′ des points Z, Z′ au-deſſus du plan horizontal : ainſi, ſuppoſant que 0μ ſoit la baſe d'un profil perpendiculaire ſur Aa, on y projetera aiſément les droites AZ & aZ′ en $\mu\lambda$ & μK (en faiſant $h\lambda$ & hK = CZ & CZ′).

Imaginons actuellement, par le point Z, une droite ZY parallèle à aZ′, & par Z′, une droite Z′Y′ parallèle à AZ, les plans AZY, aZ′Y′ ſeront évidemment parallèles : maintenant ſi, de tous les points de AZ, on abaiſſe ſur le plan aZY′ des perpendiculaires, une de ces perpendiculaires rencontrera la droite aZ′ & ſera préciſément la droite la plus courte entre les deux lignes AZ & aZ′ ; car elle eſt la plus courte entre les deux plans parallèles, & partant moins longue que toute autre droite menée entre les deux lignes, puiſque cette autre droite ſeroit auſſi compriſe entre les deux plans. Le *minimum* cherché, eſt donc la diſtance des deux plans parallèles que nous avons imaginés par AZ & aZ′ ; pour la trouver, cherchons d'abord l'interſection de ces deux plans avec le plan horizontal. Pour cela, remarquons que la droite ZY va rencontrer ce plan horizontal en quelque point e, par lequel & par A menant une droite Ae, elle ſera une des interſections cherchées, trouvons donc le point e : or la droite ZYe étant parallèle à aZ, ſa projection $\lambda 0$ ſera parallèle à μK ; ainſi, menant $0e$ perpendiculaire à $0h$ & horizontale, elle contiendra le point e : ce point e eſt auſſi ſur aC prolongée in-

définiment, il eſt donc à l'interſection des deux droites aC & θe; Ae & ſa parallèle am, ſont donc les interſections du plan horizontal avec les plans parallèles menés par les deux droites AZ & aZ'.

Imaginons à préſent un profil perpendiculaire à ces deux plans parallèles & dont Mm perpendiculaire ſur Ae ſoit la baſe; ces deux plans y ſeront projetés ſur deux droites parallèles Mn, mt qu'on déterminera en menant ſur Mm la perpendiculaire CHtn, & faiſant Hn = CZ ou $h\lambda$.

Concevons enfin qu'on projette les deux lignes AZ & aZ' ſur le plan ZAe, par des perpendiculaires à ce plan; 1.° le point A de la ligne AZ y ſera projeté en A; 2.° le point Z ſera projeté en quelque point de la droite gCd perpendiculaire ſur Ae, & ſera éloigné du point g d'une quantité gd = Mn: donc Ad eſt la projection de AZ ſur le plan oblique; 3.° pour avoir la projection de aZ' ſur ce plan, nous remarquerons que Z' étant projeté en C au plan horizontal, ſa projection ſur le plan ZAe tombera auſſi ſur gd: reſte à ſavoir à quelle diſtance de g: or, ſi de Z' on abaiſſe ſur le plan ZAe une perpendiculaire $Z'L'$ pour avoir ſa projection L', & que par $Z'L'$ & ZC on mène un plan, il coupera le plan horizontal ſuivant gC, & le plan ZAe ſuivant une droite gL', qui formera avec Cg, CZ' & $Z'L'$ un quadrilatère C$gL'Z'$, ſemblable & égal à celui MHtu (tu étant perpendiculaire ſur Mn): donc portant Mu de g en Δ, Δ ſera la projection du point Z'; 4.° reſte à trouver la projection du point a: or elle eſt dans la perpendiculaire ab ſur Ae; de plus, elle eſt évidemment éloignée du point b d'une quantité bB = MP, (mP étant perpendiculaire ſur Mn): donc la droite BΔ eſt la projection de aZ' ſur le plan ZAe; partant le point o, où ſe coupent les deux droites Ad, BΔ, ſera la projection ſur ZAe des deux points où aboutit le *minimum*, & en même-tems de ce *minimum*: donc ſi du point o on abaiſſe ſur Ae la perpendiculaire oif, elle contiendra indéfiniment les projections horizontales des deux points par leſquels paſſe le *minimum*. Ces projections

ſont donc les points f & i, où la droite oif rencontre les projections horizontales AC, & aC & fi eſt la projection horizontale du *minimum :* on retrouvera aiſément ſes projections $\phi\downarrow$ & xy aux deux profils. Remarquons que xy eſt auſſi la vraie longueur de ce *minimum.*

Théorême V.

Fig. 2. 19. *On a la cubature exacte du ſolide renfermé par la ſurface d'un quadrilatère gauche* ABDC, *par des plans menés d'une manière quelconque par ſes quatre côtés & par un cinquième plan quelconque.*

Démonstration.

Car formant le conoïde ABDdCA, il eſt par le Théorême 2, $= D d C \times \frac{b}{2}$; mais quelque inclinaiſon qu'aient les plans menés par les quatre côtés, ils ne font que retrancher du conoïde ou lui ajouter des ſolides terminés par des faces planes & rectilignes, & partant rigoureuſement cubables : donc, &c.

Théorême VI.

20. *On a géométriquement la poſition du centre de gravité d'un ſolide renfermé par la ſurface d'un quadrilatère gauche* ABDC, *par des plans menés d'une manière quelconque par ſes quatre côtés & par un cinquième plan quelconque.*

La démonſtration en eſt la même que celle du Théorême précédent.

21. Je me ſuis un peu étendu ſur cette dernière eſpèce de ſurface gauche, parce qu'elle eſt la plus ſimple, & qu'elle entre d'une manière élémentaire dans la compoſition de toutes les ſurfaces gauches, qui ne ſont que des ſyſtêmes de ſurfaces de trapèzes gauches dont une dimenſion eſt finie, l'autre infiniment petite.

22. De la formation des conoïdes dont nous venons de

nous occuper, on peut s'élever à celle d'une classe de surface gauche beaucoup plus étendue, & dont celle des conoïdes n'est qu'une espèce particulière. La voici. *Fig. 6.*

Imaginons un plan ACQR horizontal, deux courbes quelconques DEQ, BeR, qui s'élèvent au-dessus de ce plan & que je nommerai *directrices*. Concevons ensuite une droite mobile RQ, qui, demeurant toujours parallèle à l'horizon, passe toujours par des points correspondans des directrices, elle engendrera une surface gauche qui devient évidemment un conoïde quand une des deux directrices est une droite; cette surface est évidemment infinie: je désignerai cette espèce de surface par le nom de *paralléloïde*.

23. Soit coupée cette surface par deux plans parallèles entr'eux, & inclinés d'une manière quelconque à l'horizon: soient DEQ, BeR, ces deux sections que je nommerai *les bases* du solide gauche, & considérons le solide renfermé entre ces deux bases, la surface, le plan horizontal & un plan ABDC, mené par une des arêtes ou élémens rectilignes de la surface, il a quelques propriétés remarquables.

THÉORÊME VII.

24. *Le solide gauche* ABeRQCDEQ, *est égal au produit de sa hauteur perpendiculaire par la moitié de la somme de ses deux bases.*

DÉMONSTRATION.

Imaginons une infinité de plans horizontaux infiniment proches, qui coupent le solide suivant des trapèzes; soient EI*ie*, FN*nf*, deux de ces trapèzes consécutifs; la tranche du solide qu'ils renferment est égal au produit d'un de ces trapèzes par l'épaisseur dx; mais ST étant la distance perpendiculaire des droites AR, CQ, le trapèze FN*nf* est $= ST \times \frac{FN+fn}{2}$ la tranche élémentaire est donc $ST \times dx \times \frac{FN+fn}{2}$. Par ST imaginons un plan perpendiculaire aux deux bases, qui les coupe suivant *Fig. 6.*

Fig. 6 & 7. les parallèles SH, Th & les deux trapèzes suivant les parallèles Hh, Ll; enfin menons HK perpendiculaire sur Hh & HG sur SH, HK sera dx & HG la hauteur perpendiculaire (h) du solide. La tranche sera donc $ST \times HK \times \frac{FN+fn}{2}$ mais $HK : HL :: HG : Hh$: donc $HK \times ST = HL \times GH$. La tranche est donc $= \frac{FN+fn}{2} \times HL \times HG = \frac{FEIN+fein}{2} \times h$: le solide est donc $\frac{b}{2} \times f(FEIN + fein) = \frac{b}{2} \times (CDEQ + ABeR)$ ainsi, nommant S le solide, B, b ses bases, on a $S = h \times \frac{B+b}{2}$.

25. Soit b' une section du paralléloïde faite parallélement à ses bases & à la distance x de B, on aura, en nommant S', S'', les portions de solide renfermées entre cette section & chacune des bases B & b, $S' = \frac{B+b}{2} \times x$, $S'' = \frac{b+b'}{2} \times (h-x)$: donc $(B+b) \times \frac{b}{2} = \frac{B+b'}{2} \times x + \frac{b+b'}{2} \times (h-x)$: donc ..... $b' = \frac{B \times (h-x) + bx}{h}$: donc, &c.

THÉORÊME VIII.

Dans un paralléloïde comme dans les conoïdes, l'aire d'une section faite parallélement à ses bases, dépend uniquement de l'aire de ces bases.

26. Passons actuellement à la recherche du centre de gravité du solide, & cherchons d'abord sa distance au plan de la Base B.

Or la tranche qui a b' pour base est ($n.^{o}$ 25) =....., $\frac{B \times (h-x) + bx}{h} \times dx$, donc $\frac{B(h-x)+bx}{h} \times x dx$ est son moment par rapport au plan B; donc la distance du centre de gravité du solide au plan de la base B est....., $\frac{\frac{1}{h} f(Bhx dx - Bx^2 dx + bx^2 dx)}{\frac{B+b'}{2}} = \frac{\frac{Bhx^2}{2} - \frac{Bx^3}{3} + \frac{bx^3}{3}}{h \times \frac{B \times b'}{2} x}$ (la constante étant nulle si on calcule depuis la base B). Or cette expression faisant

faisant $x = h$ & partant $b' = b$ devient.....,

$$\frac{\frac{Bh^3}{2} - \frac{Bh^3}{3} + \frac{bh^3}{3}}{h^2 \times \frac{B+b}{2}} = \frac{Bh + 2bh}{3(B+b)} = \frac{h}{3} \times \frac{B+2b}{B+b}.$$

Quant aux distances de ce centre de gravité à deux autres plans, elles dépendent des équations particulières des deux bases, & l'on ne peut en trouver une expression générale.

27. Un conoïde étant évidemment une espèce de paralléloïde, on pourra trouver la cubature & la position du centre de gravité d'un segment de conoïde à bases parallèles entr'elles, lorsque ces bases ne sont pas parallèles à l'axe, par ce que nous venons de démontrer dans les Numéros précédens.

28. Avant de quitter cette matière, je ne crois pas inutile de donner l'équation générale des paralléloïdes.

Pour cela soient x, y, z les coordonnées, x & y étant horizontales, quelque soit l'équation qui exprime la dépendance mutuelle de ces coordonnées, elle est de cette forme $\varphi(x, y, z) = o$, φ désignant une certaine fonction : cela posé, coupons la surface du paralléloïde par un plan quelconque horizontal, la section sera une droite ou un système de droites ; mais on sait que, si dans l'équation d'une surface, on fait z égal à une constante donnée h, l'équation entre x & y qui en résulte, est celle de la coupe horizontale faite dans cette surface à la distance h : ainsi, puisque, dans le cas présent, cette dernière équation est celle d'une droite, $\varphi(x, y, z) = o$ devient l'équation d'une droite : or, l'équation d'une droite est généralement $Ax + By + C = o$; donc ici on a $\varphi(x, y, h) = Ax + By + C$, pour une autre coupe faite à la distance h', on a $\varphi(x, y, h') = A'x + B'y + C$, d'où l'on voit que les coëfficiens A, B, C, varient lorsque la hauteur h

varie ; & puiſque h eſt généralement repréſenté par z, il eſt viſible que les coëfficiens A, B, C ſont des fonctions de z ; donc $\varphi(x, y, z) = x.\varphi' z + y.\varphi'' z + \varphi''' z$ (φ', φ'', φ''' exprimant des fonctions quelconques) partant l'équation générale de tous les paralléloïdes rapportée au plan horizontal, eſt $x.\varphi' z + y.\varphi'' z + \varphi''' z = o$.

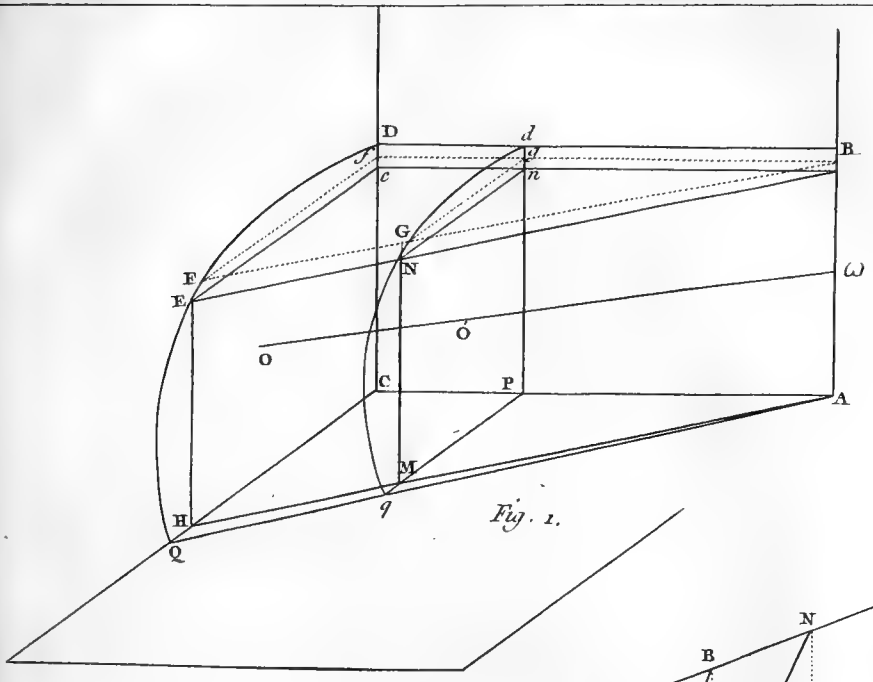


Fig. 1.

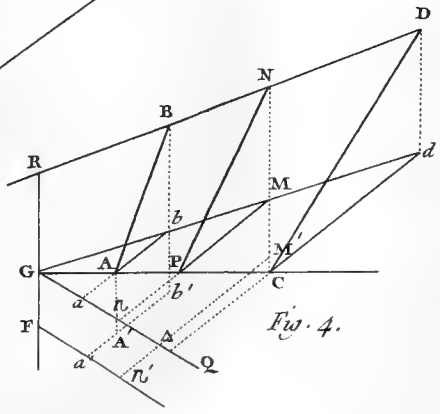


Fig. 4.

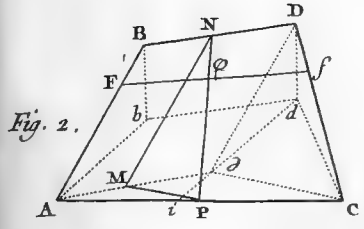


Fig. 2.

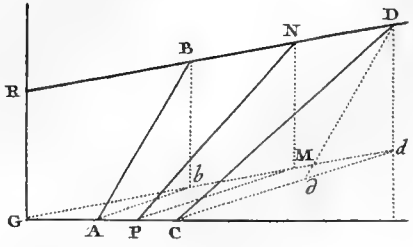
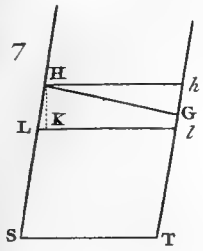


Fig. 3.

Fig. 7



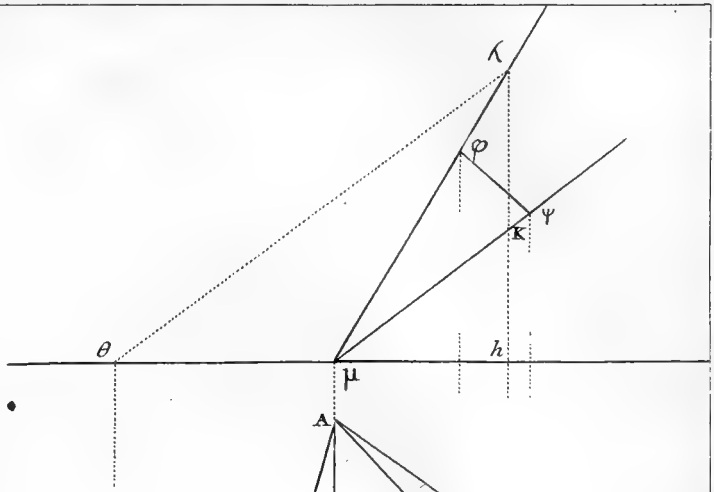
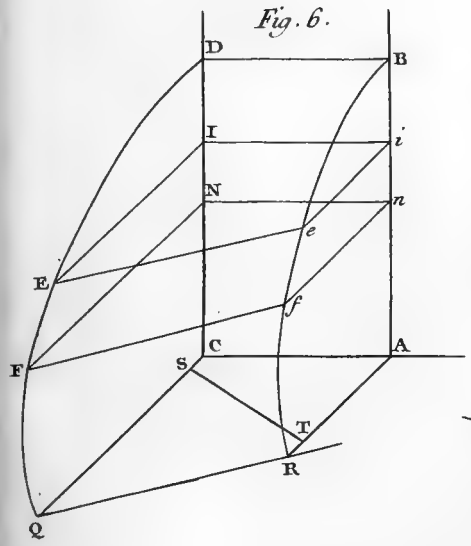


Fig. 6.



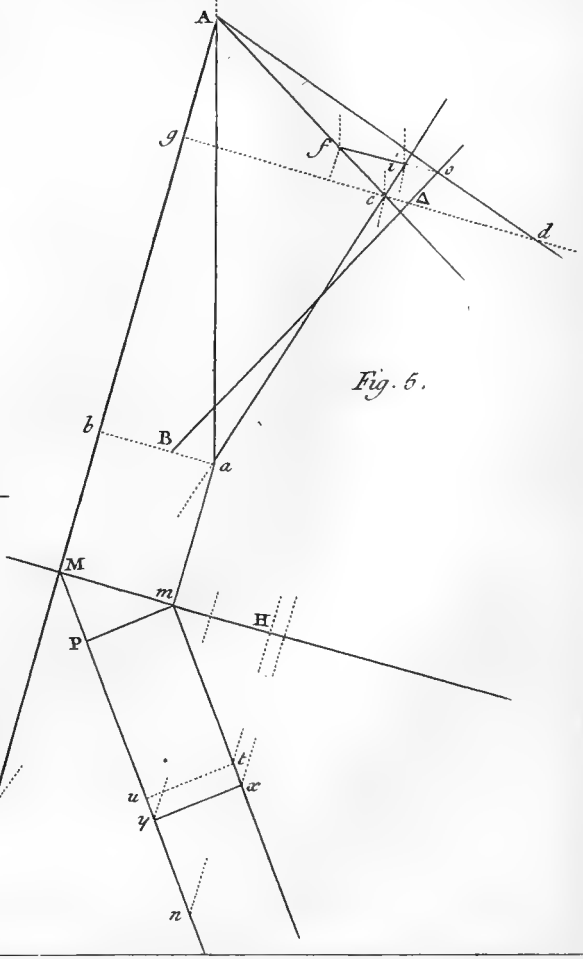


Fig. 6.

PREMIER MÉMOIRE
SUR
PLUSIEURS COMBINAISONS SALINES
DE L'ARSENIC.

Par M. BUCQUET.

Présenté en 1772

LES SUBSTANCES MÉTALLIQUES ont été depuis long-tems l'objet du travail & des recherches des Chymiſtes : ils les ont tourmentées de mille manières, & tous leurs efforts réunis n'ont pu découvrir autre choſe, ſinon que ces ſubſtances ſont compoſées du principe inflammable & d'une terre dont la nature n'eſt pas parfaitement connue. Eſt-elle la même dans toutes les matières métalliques ? Ou chacune de ces ſubſtances a-t-elle une terre particulière qui lui ſoit propre ? C'eſt ce qu'aucun Chymiſte Phyſicien n'oſe encore aſſurer. La poſſibilité de convertir en verre toutes les chaux métalliques, prouve en faveur de la première de ces opinions, & ceux qui la ſoutiennent prétendent que les différences qu'on obſerve entre les matières métalliques, ne dépendent que de la proportion de leur phlogiſtique & de leur terre, ou de l'union plus ou moins intime de ces deux principes : ils penſent auſſi que les terres ou chaux métalliques n'ont des propriétés particulières que parce qu'elles retiennent toujours une aſſez grande portion de phlogiſtique dont il n'eſt pas poſſible de les dépouiller malgré les calcinations les plus exactes. Les défenſeurs du ſentiment contraire s'appuient ſur la variété des chaux métalliques, ſur la facilité de fondre en verre quelques-unes d'entr'elles, tandis que pluſieurs autres réſiſtent fortement à leur vitrification, ſur

la peſanteur, la couleur & la tranſparence qui varient dans chacun des verres métalliques, & plus encore ſur la propriété qu'ont ces verres & les chaux qui les produiſent, de ſe convertir par l'addition du phlogiſtique en un métal abſolument le même que celui dont ils faiſoient partie.

Avant d'embraſſer une de ces deux opinions, qui ont trouvé des partiſans parmi les Chymiſtes les plus célèbres, j'ai cru devoir raſſembler un grand nombre de faits, afin que leur réunion pût ſervir à établir une théorie plus ſolide.

Je me ſuis propoſé d'examiner, dans un grand détail, toutes les combinaiſons ſalines métalliques; & quelque long que ſoit ce travail, quelque multipliées que ſoient les expériences qu'il exige, je les ſuivrai autant qu'il me ſera poſſible, perſuadé que l'action des différens menſtrues peut jeter un très-grand jour ſur la nature des terres métalliques, & ſur la manière dont le phlogiſtique eſt combiné à chacune d'elles. On apperçoit d'ailleurs, en faiſant les combinaiſons ſalines métalliques, pluſieurs phénomènes ſinguliers; tels ſont les propriétés qu'ont quelques acides de diſſoudre certains métaux plus facilement que ne peuvent le faire les autres acides, qui cependant ont plus d'affinité avec ces mêmes métaux & y adhèrent plus fortement après leur union, les différences ſenſibles qu'on obſerve entre les ſels formés par le même acide uni au même métal, ſuivant la manière dont on a opéré leur union, la déliqueſcence de pluſieurs ſels métalliques, la cauſticité de certains autres joint à un aſſez grand degré d'indiſſolubilité. Toutes ces particularités n'ont point échappé aux Chymiſtes, elles leur ont même paru mériter toute leur attention. Cependant, comme les faits leur manquoient, ils ont été obligés de paſſer légèrement ſur ces objets que je tâcherai d'approfondir autant que je le pourrai. Je m'abſtiendrai néanmoins d'établir aucune aſſertion, avant d'avoir raſſemble une quantité ſuffiſante de preuves: c'eſt pourquoi les premières parties de mon travail ne ſeront

qu'une ſuite d'Expériences, auxquelles j'ajouterai ſeulement, par forme de réflexion, les vues que chacune d'elles m'aura naturellement préſentées.

Je ſais que pluſieurs des combinaiſons ſalines métalliques dont j'aurai occaſion de parler, ſont connues; mais il en eſt beaucoup qui ne le ſont pas, & parmi celles qui ont été tentées, il y en a peu qui aient été ſuivies juſqu'au bout. C'eſt ce qui m'a déterminé non-ſeulement à tenter de nouvelles Expériences, mais même à répéter ſoigneuſement toutes celles qui ont été faites, pour les confirmer ſi elles ſont exactes, ou les contredire lorſque je les aurai trouvées peu conformes à la vérité : j'aurai en conſéquence l'attention de faire remarquer les Expériences qui m'appartiendront, afin qu'on puiſſe les comparer avec celles des autres Chymiſtes.

Je commence par publier quelques Expériences que j'ai faites ſur l'arſenic, cette ſubſtance ſingulière, qui paroît appartenir autant à la claſſe des ſels qu'à celle des demi-métaux, a préſenté à tous les Chymiſtes qui l'ont examinée, & particulièrement à M. *Macquer*, des phénomènes très-nouveaux & très-ſurprenants; &, quoique ce Savant Académicien nous ait fait connoître un grand nombre des plus importantes propriétés de l'arſenic, comme il s'eſt peu occupé des combinaiſons de cette matière avec les acides, j'ajouterai ici ce qui manque à ſon travail pour cette partie.

Combinaiſons de l'Acide vitriolique à l'Arſenic.

Pluſieurs Chymistes ont eſſayé d'unir l'acide vitriolique à l'arſenic. M. *Macquer*, dit qu'en diſtillant un mêlange d'acide vitriolique & d'arſenic, on en retire un acide vitriolique qui a quelquefois une odeur tout-à-fait impoſante d'acide marin; lorſqu'on a pouſſé la diſtillation juſqu'à ce qu'il ne monte plus d'acide, la cornue étant preſ-

que rouge, il ne ſe ſublime pas d'arſenic; mais cette ſubſtance reſte au fond du vaiſſeau dans une fonte tranquille, &, lorſqu'elle eſt refroidie, elle forme une maſſe tranſparente, qui blanchit à l'air & attire l'humidité au point de ſe diſſoudre en partie. M. *Brandt*, dans les Actes de l'Académie d'Upſal, dit que l'huile de vitriol diſſout l'arſenic, & qu'à l'aide de cet acide très-concentré, l'arſenic devient fuſible & ſoutient un grand feu, avant de ſe diſſiper en fumée; mais M. *Brandt* ne détermine pas la quantité d'acide vitriolique qu'il convient d'employer pour opérer la diſſolution de l'arſenic. Voici ce que j'ai obſervé à cet égard: ayant pris une demi-once de chaux d'arſenic en poudre, je verſai deſſus une once d'huile de vitriol, dont le poids étoit à celui de l'eau comme 57 à 31; il ne s'eſt pas fait de diſſolution à froid, & l'arſenic s'eſt durci en une maſſe aſſez difficile à rompre. J'ai fait bouillir le mêlange; il s'eſt diſſipé une grande quantité de vapeurs d'eſprit ſulphureux volatil; tout l'arſenic s'eſt diſſous, la diſſolution étoit claire, parfaitement tranſparente & peu fluide, en refroidiſſant elle a dépoſé des cryſtaux blancs; je les ai ſéparés de l'eau-mère qui les ſurnageoit; ces cryſtaux peſoient cinq gros, l'eau-mère peſoit quatre gros, cinquante-deux grains, il s'étoit diſſipé deux gros vingt grains, ou un peu plus d'un ſixième, pendant la diſſolution.

J'ai mis ces cryſtaux ſur des charbons ardens; ils ont commencé par répandre une odeur d'acide ſulphureux aſſez forte, ils ſe ſont bourſouflés, & l'odeur ſulphureuſe étant diſſipée, il s'eſt élevé des vapeurs purement arſenicales en très-grande abondance; la matière s'eſt fondue en une maſſe tranſparente comme du verre, & eſt reſtée fort long-temps, avant d'être volatiliſée entièrement.

Comme les cryſtaux, tels que je les avois pris, étoient fort ſurchargés d'acide, je les lavai avec deux onces d'eau diſtillée & les fis égoutter ſur le papier gris; l'eau du lavage

étoit fort acide, mais elle ne contenoit rien d'arſenical; je m'en ſuis aſſuré en la ſaturant avec du ſel de tartre; je n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur.

La matière, qui avoit été lavée, n'avoit plus que la ſaveur ſingulièrement ſtiptique & rongeante de l'arſenic. J'en ai mis ſur les charbons ardens; elle s'eſt exhalée promptement en vapeurs arſenicales, & traitée dans des vaiſſeaux clos, elle s'eſt entièrement ſublimée, l'eau froide en a diſſous un quarente-huitième de ſon poids, & l'eau bouillante un vingt-quatrième. J'ai obtenu, par le refroidiſſement de cette diſſolution, des cryſtaux d'arſenic très-purs.

La liqueur que j'avois ſéparée du dépôt ſalin, étoit exceſſivement acide; je l'ai étendue dans douze parties d'eau diſtillée, & après l'avoir ſaturée de ſel de tartre, je n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur, qui ne contenoit pas un atome d'arſenic. Pendant cette ſaturation, il s'étoit fait un petit précipité blanc que j'ai raſſemblé avec ſoin. Ce précipité ne contenoit rien d'arſenical, & il ne dépendoit que de quelques flocons terreux qui s'étoient ſéparés de l'alkali pendant la ſaturation, comme cela ſe voit ſouvent.

Ces Expériences, que j'ai répétées pluſieurs fois & dans des doſes différentes, tant ſur la chaux que ſur le régule, m'ayant toujours donné les mêmes réſultats, je crois pouvoir aſſurer, premièrement, que l'acide vitriolique ne contracte pas de véritable union ſaline avec l'arſenic, ſoit dans l'état de chaux, ſoit dans l'état de régule, puiſque cet acide qui a diſſous l'arſenic en bouillant, le laiſſe précipiter en totalité par le refroidiſſement : on en peut juger par l'état de l'eau-mère qui ſurnage le dépôt, laquelle ne contient rien d'arſenical, & en comparant avec le poids de la matière qui ſe dépoſe au fond du vaſe où s'eſt faite la diſſolution, celui de l'arſenic qu'on avoit employé. L'excès de poids qu'on retrouve dans ce dépôt, appartient à une portion d'acide qui eſt interpoſée entre ſes parties ſans être com-

biné, puiſqu'à la moindre chaleur cet acide ſe diſſipe en vapeurs ſulphureuſes, & qu'un ſimple lavage fait avec une petite quantité d'eau froide, ſuffit pour l'enlever parfaitement.

J'ajouterai en ſecond lieu, que la portion d'acide qui ſe précipite avec l'arſenic lui communique un très-grand degré de fixité, comme l'ont très-bien vu MM *Macquer* & *Brandt*.

Troiſièmement enfin je remarquerai que l'action de l'huile de vitriol ſur l'arſenic, eſt la même que celle de cet acide ſur le ſoufre; M. *Baumé* a fait voir que l'huile du vitriol bouillante diſſolvoit le ſoufre, mais que cette matière ſe cryſtalliſoit à meſure que l'acide refroidiſſoit, & que la liqueur, qui ſurnageoit le dépôt cryſtalliſé, ne contenoit aucune partie de ſoufre en diſſolution, tandis que le ſoufre retenoit entre ſes parties une aſſez grande quantité d'acide, pour que ſa couleur en fût ſenſiblement altérée. J'inſiſte d'autant plus ſur cette analogie, qu'elle n'eſt pas la ſeule qu'on ait trouvée entre le ſoufre & l'arſenic.

Combinaiſon de l'Acide nitreux à l'Arſenic.

La diſſolution de l'arſenic dans l'acide nitreux, n'eſt pas une choſe nouvelle : M. *Brandt* dit, dans le Mémoire cité plus haut, que cinquante parties d'eau forte diſſolvent une partie d'arſenic. M. *Brandt* ne dit pas comment il a opéré, ni de quelle eau forte il s'eſt ſervi; mais, en comparant ſon aſſertion avec mes Expériences, il me ſemble qu'il s'eſt ſervi d'une eau forte bien foible, ou il a opéré autrement que moi.

Je me ſuis ſervi d'un eſprit tiré du nitre à la manière de *Glauber;* cet eſprit étoit très-pur, & ſon poids étoit à celui de l'eau comme 43 à 31. J'ai pris quatre onces de chaux d'arſenic en poudre, j'ai verſé deſſus ſix onces d'eſprit de nitre; cet acide n'a point durci l'arſenic, comme l'a fait l'acide vitriolique, il ne l'a pas non plus diſſous ſenſiblement à froid;

à froid; cependant, au bout de vingt-quatre heures, l'acide avoit pris une couleur verte, & répandoit des vapeurs rouges assez épaisses, ce qui prouve qu'il s'étoit déjà chargé d'une portion du phlogistique de l'arsenic. J'ai fait bouillir doucement le mêlange; à mesure que la dissolution se faisoit, le récipient étoit rempli d'une vapeur rouge d'acide nitreux très-épaisse; après une heure d'ébullition, tout étoit dissous, la liqueur transparente & parfaitement limpide, mais elle répandoit encore quelques vapeurs d'acide nitreux; je l'ai laissé refroidir, elle n'a rien précipité. Comme je soupçonnois qu'il y avoit une portion d'acide, qui n'étoit pas saturée, j'ai fait chauffer de nouveau la dissolution, & j'ai ajouté successivement & par parties trois gros de nouvelle chaux d'arsenic en poudre. Le troisième & dernier gros, ne s'étant dissous qu'en partie, & la liqueur cessant de répandre des vapeurs, je l'ai versé dans une capsule de verre, &, par le refroidissement, j'en ai obtenu un sel en petites écailles blanches & peu brillantes, que je ne peux mieux comparer qu'aux cristaux de sel sédatif cristallisé confusément dans une liqueur trop rapprochée. Ce sel, que j'appellerai *nitre d'arsenic* a une saveur des plus caustiques mêlée avec la saveur stiptique & rougeante de l'arsenic, & il conserve cette saveur, même après les lavages les plus exacts; il rougit le syrop de violettes, il se dissout dans environ quatre parties d'eau froide, & sa dissolution évaporée très-lentement, fournit des cristaux en petites écailles, tels que ceux qui ont été dissous.

Le nitre d'arsenic, quoique des plus caustiques, est très-dissoluble dans l'eau, il n'attire cependant pas très-sensiblement l'humidité de l'air.

L'eau-mère qui surnage le nitre d'arsenic, après que le sel s'est dépose, étant évaporée, fournit une nouvelle portion de ce sel semblable à la première; ce qui prouve que cette eau en tient en dissolution.

Le nitre d'arſenic eſt du nombre des ſels qui ſe diſſolvent en plus grande quantité dans l'eau chaude que dans l'eau froide, puiſque ſa diſſolution reſte claire tant qu'elle eſt chaude, & qu'elle ne laiſſe précipiter des cryſtaux qu'en refroidiſſant, à moins qu'on ne l'ait fait trop rapprocher.

Le nitre d'arſenic ne peut être décompoſé par le feu, ni à l'air libre, ni dans les vaiſſeaux clos. Lorſqu'on le met ſur des charbons, il ſe diſſipe en entier ſous la forme de vapeurs arſenicales, dont l'odeur n'eſt cependant pas celle de l'arſenic pur. Il eſt plus fixe que l'arſenic, mais moins que cette ſubſtance chargée d'acide vitriolique.

J'ai eſſayé de diſtiller le nitre d'arſenic dans une cornue de verre luttée. Il a paſſé d'abord quelques vapeurs purement aqueuſes; il s'eſt enſuite ſublimé une portion d'arſenic, partie ſous la forme de cryſtaux jaunâtres adhérens au col des vaiſſeaux, partie ſous celle d'une poudre fine & blanche qui tapiſſa l'intérieur du récipient. Je n'ai pas pu pouſſer l'Expérience juſqu'au bout, parce que, ne voyant plus paſſer de vapeurs, j'eſſayai de donner un peu plus de feu, mais ma cornue & le lut qui la couvroit, ſe fondirent. Je ne pus obſerver autre choſe, ſinon que la matière, qui tomboit de la cornue ſur les charbons, répandoit l'odeur du nitre d'arſenic, qui n'avoit pas ſouffert de décompoſition.

Cette Expérience paroît prouver que le ſel nitreux arſenical ne detonne pas ſur les charbons, & que le phlogiſtique ne le décompoſe pas.

J'ai tenté de décompoſer le nitre d'arſenic par l'intermède de l'alkali fixe. J'ai pris en conſéquence deux onces de diſſolution nitreuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation; je l'ai étendue dans quatre onces d'eau diſtillée, & j'ai ajouté peu-à-peu du ſel de tartre très-pur, il s'eſt fait une vive effervescence, mais je n'ai point apperçu de précipité. Lorſque l'effervescence a ceſſé d'avoir lieu, j'ai

ceſſé d'ajouter de l'alkali fixe, & la quantité que j'avois employé pour la ſaturation s'eſt trouvée être d'une once & demie. J'ai filtré la liqueur, quoiqu'elle ne fût pas trouble, je l'ai fait évaporer le plus doucement qu'il m'a été poſſible. J'ai obtenu d'abord des cryſtaux d'un ſel neutre arſenical très-pur, tel que M. *Macquer* l'a fait en diſtillant le nitre avec l'arſenic; la liqueur étant évaporée aux trois quarts, je je l'ai verſée dans un autre vaiſſeau, dans lequel elle a dépoſé des cryſtaux de très-beau nitre mêlés de quelques petits cryſtaux de ſel neutre arſenical. Cette Expérience me détermine à croire, avec M. *Macquer*, que l'alkali fixe a la plus grande affinité poſſible avec l'arſenic, & que ſi j'ai réuſſi à faire un ſel neutre arſenical par la voie humide, c'eſt parce que l'alkali fixe s'unit par partie à l'arſenic, à meſure qu'il le dégage de l'acide auquel il étoit uni, comme cela a lieu dans la décompoſition du nitre diſtillé avec l'arſenic. Cette Expérience eſt remarquable en ce que l'effervescence dure juſqu'à ce qu'on ait mis aſſez d'alkali fixe dans la liqueur nitreuſe arſenicale, ce qui me fait croire que l'alkali fixe s'unit avec effervescence à l'arſenic comme aux acides, puiſque ce n'eſt que pendant qu'on ajoute l'alkali que ſe forme le ſel neutre arſenical. On peut d'ailleurs en juger par la quantité d'alkali, qui eſt beaucoup plus conſidérable qu'il ne faudroit pour ſaturer l'acide.

J'ai eſſayé de décompoſer la liqueur nitreuſe par l'intermède du foie de ſoufre, penſant que, dans le tems que l'alkali de cette ſubſtance s'uniroit avec l'acide nitreux, l'arſenic pourroit ſe combiner au ſoufre; mais j'ai été trompé dans mes eſpérances : le ſoufre ſe précipite tout ſeul, & la liqueur dans laquelle il nage étant filtrée & évaporée, ne donne que du ſel neutre arſenical & du nitre, comme dans l'opération précédente où je n'avois employé que de l'alkali fixe ſeul.

J'ai pris deux onces de diſſolution nitreuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation ; &, après l'avoir

étendue dans quatre onces d'eau distillée, j'ai saturé avec une once & demie d'alkali volatil concret tiré du sel ammoniac par l'alkali fixe; il s'est fait une effervescence des plus vives, & je n'ai point apperçu de précipité; j'ai néanmoins filtré la liqueur pour plus de précaution, & je l'ai laissée évaporer à une chaleur très-douce : j'ai obtenu des cristaux du sel neutre arsenico-ammoniacal décrit par M. *Macquer*, & les dernières portions de la liqueur mises à évaporer séparément, m'ont donné du sel ammoniacal nitreux. Ce procédé offre un moyen facile de faire assez abondamment le sel neutre arsenico-ammoniacal qu'on ne peut obtenir par le procédé qu'a indiqué M. *Macquer* que difficilement, & en courant quelques dangers. Comme l'acide vitriolique ne se combine pas avec l'arsenic lorsqu'on le lui présente directement, je voulus voir s'il s'y uniroit mieux, après que cette substance auroit été combinée à l'acide nitreux. Je pris donc deux onces de la liqueur nitreuse arsenicale que je mêlai avec deux onces d'huile de vitriol; il se produisit une très-grande chaleur, & il s'éleva quelques vapeurs blanches, ayant une odeur forte d'acide marin, (je dirai à l'occasion de cette odeur, qu'elle se manifeste toutes les fois que l'acide vitriolique est réduit en vapeurs, qui ne contiennent pas assez de phlogistique pour être dans l'état d'acide sulphureux. Indépendamment de l'exemple présent, M. *Macquer* l'a observé dans l'acide vitriolique distillé sur l'arsenic; je l'ai aussi remarqué en faisant bouillir dans l'eau forte le tartre vitriolé pour le décomposer, suivant le procédé de M. *Baumé*.) Le mêlange d'huile de vitriol & de liqueur nitreuse arsenicale en se refroidissant, laissa déposer un petit précipité blanc peu sensible. Je mis le tout en distillation au bain de sable dans une cornue de verre, à laquelle j'adaptai un récipient lutté avec le lut gras. A mesure que la liqueur de la cornue s'échauffoit, le précipité s'est redissous; j'ai retiré la moitié de la liqueur dans le récipient; cette liqueur étoit un acide vitriolique assez peu concentré; je l'ai saturé avec

du sel de tartre & n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur.

La liqueur de la cornue étoit claire étant chaude; mais, en refroidissant, elle a laissé déposer un sel blanc pesant six gros. Ce sel étoit surnagé par une liqueur acide parfaitement blanche & transparente; j'ai décanté cette liqueur, & quoiqu'elle ne pesât qu'une once un gros, elle absorba une très-grande quantité de sel de tartre, & ne fournit que du tartre vitriolé très-pur.

Le sel, qui étoit resté au fond de la cornue, étant fort surchargé d'acide vitriolique, je l'ai lavé & l'ai mis à égoutter; après quoi, l'ayant examiné, je n'ai trouvé que le nitre arsenical sans aucune altération; sa saveur caustique, sa dissolubilité dans quatre parties d'eau froide, sa manière de se volatiliser sur les charbons, l'odeur qu'il exhale en brûlant & qui est particulière à ce sel, aussi-bien que les autres caractères dont j'ai fait mention plus haut, ne m'ont laissé aucune incertitude sur sa nature.

C'est je crois le premier exemple connu, qu'un sel nitreux ne soit pas décomposé par l'acide vitriolique, & si on joint à cette exception celle de la décomposition du tartre vitriolé par l'acide nitreux qu'a observé M. *Baumé*, on reconnoîtra que plus les recherches des Chymistes seront multipliées, moins on trouvera en Chymie de régle générale.

Les Expériences me mettent à même d'assurer, premièrement, que l'acide vitriolique ne décompose pas le nitre arsenical, puisqu'ayant retiré, par la distillation, tout l'acide vitriolique que j'avois employé, j'ai retrouvé, dans la cornue, le nitre arsenical sans altération.

J'ajouterai, en second lieu, que la chaleur qui résulte des mêlanges de l'huile de vitriol avec la dissolution nitreuse arsenicale, n'est produite que par l'activité avec laquelle l'huile

de vitriol s'empare de l'humidité de la diſſolution nitreuſe, & que le dépôt qui ſe manifeſte après que le mêlange eſt refroidi, n'eſt dû qu'à une portion de nitre arſenical qui a été privée de ſon eau de diſſolution.

Troiſièmement, j'obſerverai que les premiers produits, qui paſſent dans la diſtillation, étant plus chargés d'humidité, le nitre arſenical privé par-là de toute ſon eau de diſſolution, cryſtalliſe en totalité & d'une manière confuſe, au milieu de l'huile de vitriol la plus concentrée que la diſtillation n'enlève pas.

J'ai tenté inutilement de décompoſer le nitre d'arſenic par l'acide vitriolique en employant le ſecours des doubles affinités. Le tartre vitriolé, les vitriols de fer & de cuivre, n'y ont cauſé aucune altération; d'où je crois qu'on peut hardiment conclure que l'acide nitreux s'unit à l'arſenic & y adhère auſſi fortement que l'acide vitriolique s'y combine peu.

Combinaiſons de l'Acide marin à l'Arſenic.

M. *Brandt* a annoncé cette combinaiſon, comme celles des acides vitrioliques & nitreux; mais il ne l'a pas plus circonſtanciée; puiſque, ſans donner le degré de concentration de l'acide & ſans indiquer le procédé qu'il a ſuivi, il ſe contente de dire que vingt-quatre parties d'eſprit de ſel diſſolvent une partie d'arſenic.

L'acide dont je me ſuis ſervi avoit été retiré du ſel marin par l'intermède de l'huile de vitriol à la manière de *Glauber;* ſon poids étoit à celui de l'eau comme 36 à 31. Ayant pris une once de chaux d'arſenic en poudre, je la mis dans un matras, & je verſai pardeſſus deux onces d'acide marin qui ne l'attaquerent pas à froid; mais, en bouillant, la diſſolution s'eſt faite avec rapidité. La liqueur chaude étoit jaune & tranſparente; mais, en refroidiſſant, elle a laiſſé

déposer des cryſtaux d'un blanc jaunâtre, ſurnagés d'une eau-mère d'une belle couleur jaune & ſemblable à une diſſolution d'or fort chargée. J'ai ſéparé l'eau-mère de deſſus le dépôt ſalin; &, ayant peſé ſéparément l'une & l'autre, j'ai trouvé ſix gros de dépôt ſalin, & dix gros d'eau-mère, une once s'étoit diſſipée pendant l'opération.

Le dépôt ſalin a une ſaveur cauſtique, mais qui n'appartient qu'à une portion d'acide qui reſte mêlée entre ſes parties, puiſqu'il perd entièrement ce goût par le lavage. Lorſqu'on le diſſout dans l'eau, une aſſez grande quantité d'arſenic ſe précipite, & ſi, après avoir filtré la diſſolution, on veut la faire évaporer, il ſe précipite encore une très-grande quantité d'arſenic & une portion ſe diſſipe en vapeurs.

L'alkali fixe verſé dans la diſſolution de ſel marin arſenical, y occaſionne de l'effervescence; il ſe fait un petit précipité arſenical, la liqueur évaporée fournit du ſel fébrifuge de *Sylvius*, qui, étant mis ſur les charbons, décrépite foiblement & répand une très-légère odeur d'arſenic; l'eau-mère décantée de deſſus le dépôt ſalin, n'eſt preſque que de l'acide marin pur. Je l'ai ſaturée avec le ſel de tartre; il ne s'eſt pas fait de précipité. J'ai filtré néanmoins la liqueur pour plus de précaution, j'ai fait évaporer, il s'eſt fait un petit précipité arſenical que j'ai ſéparé par une ſeconde filtration. En continuant d'évaporer je n'ai retiré que du ſel fébrifuge de *Sylvius*, qui répandoit également une foible odeur d'arſenic lorſqu'on le poſoit ſur les charbons.

Ces Expériences tendent à prouver que l'acide marin s'unit un peu mieux à l'arſenic que ne le fait l'acide vitriolique, puiſque le dépôt ſalin, qui ſe précipite par le refroidiſſement de la diſſolution d'arſenic dans l'eſprit de ſel, retient aſſez d'acide pour être diſſoluble dans l'eau en grande partie, & former avec l'alkali du tartre un ſel fébrifuge de *Sylvius*, qui exhale, lorſqu'on le chauffe, des vapeurs d'arſenic.

L'eau mère, qui ſurnage le dépôt ſalin, contient également de l'arſenic en diſſolution, puiſque le fébrifuge qu'on retire après avoir ſaturé cette liqueur avec du ſel de tartre, donne ſur les charbons des vapeurs arſenicales.

Pour pouvoir déterminer au juſte le rapport des différens acides avec l'arſenic, j'ai eſſayé de decompoſer le ſel marin arſenical par l'intermède des acides vitrioliques & nitreux. J'ai mis en conſéquence dans une petite cornue de verre une certaine quantité de ſel marin arſenical; j'ai verſé pardeſſus une égale quantité d'huile de vitriol; j'ai diſtillé au bain de ſable, & j'ai retiré tout l'acide vitriolique ſans autre altération qu'une odeur ſulphureuſe, qui ne ſe manifeſte pas lorſqu'on diſtille l'acide vitriolique ſur le nitre d'arſenic, parce que, dans ce ſel, aucune portion d'arſenic ne ſe trouve à nu, ce qui n'a pas lieu dans le ſel marin arſenical; enfin le ſel marin arſenical s'eſt trouvé au fond de la cornue avec la couleur jaunâtre qui lui eſt naturelle; ce ſel avoit ſeulement retenu aſſez d'huile de vitriol pour reſter en une fuſion tranquille dans la cornue, au lieu de ſe volatiliſer, comme cela lui arrive lorſqu'on le diſtille ſeul.

J'ai répété une Expérience ſemblable ſur le ſel marin arſenical, en me ſervant d'eſprit de nitre. J'ai retiré, par la diſtillation, l'eſprit de nitre chargé d'un peu d'eſprit de ſel & dans l'état d'eau régale. Ce qui reſtoit dans la cornue, étoit un véritable nitre arſenical.

J'ai tenté l'Expérience inverſe, c'eſt-à-dire que j'ai eſſayé de décompoſer le nitre arſenical par l'intermède de l'acide marin, comme j'avois tenté de le faire avec l'acide vitriolique. J'ai pris deux onces de la liqueur nitreuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation; j'ai verſé deſſus deux onces d'eſprit de ſel; le mêlange n'a occaſionné ni chaleur ni précipité; ſeulement il a pris la teinte jaune de l'eſprit de ſel; je l'ai mis en diſtillation, & j'en ai retiré deux onces & demie d'un acide un peu jaunâtre ayant

tout-à-fait

tout-à-fait l'odeur de l'eſprit de ſel. J'ai ſaturé ce produit avec du ſel de tartre, & j'en ai retiré un véritable ſel fébrifuge de Sylvius qui, étant mis ſur les charbons, exhaloit une foible odeur d'arſenic.

La matière, qui reſtoit dans la cornue, étoit blanche, claire tranſparente & de la conſiſtance d'un mucilage de gomme arabique fort épais; elle peſoit une once; une demi-once s'étoit perdue pendant l'opération. Ce réſidu évaporé ne fournit que du nitre d'arſenic tout pur.

D'après ces Expériences, je crois pouvoir regarder comme une choſe démontrée que, de tous les acides, aucun n'a plus d'affinité avec l'arſenic que l'acide nitreux : après l'acide nitreux, c'eſt l'acide marin, qui diſſout l'arſenic & qui lui reſte uni avec une aſſez grande force; il faut obſerver, à l'égard de cet acide, qu'il volatiliſe toujours une aſſez grande portion d'arſenic, & qu'il n'attaque jamais cette ſubſtance que lorſqu'il a un grand degré de concentration : enfin l'acide vitriolique ne peut contracter de véritable union avec l'arſenic, ſoit qu'on lui faſſe diſſoudre directement cette ſubſtance, ſoit qu'elle ait été entamée par d'autres acides.

Tous les phénomènes que préſentent les acides unis à la chaux d'arſenic, ils les préſentent lorſqu'on les mêle au régule d'arſenic.

Pour terminer tout ce qui regarde l'union de l'arſenic aux acides, je devrois examiner la préparation de l'huile glaciale d'arſenic, ou beurre d'arſenic, dont pluſieurs bons Auteurs de Chymie ont fait mention, & pour lequel *Lemery* indique un procédé. Comme les tentatives que j'ai faites pour obtenir le beurre d'arſenic, ont été preſque toutes inutiles, & que je n'ai pu rien obtenir en employant le ſublimé corroſif avec l'arſenic blanc, ces deux ſubſtances ayant l'inconvénient de ſe volatiliſer preſqu'en même tems,

j'ai tenté de ſubſtituer l'Orpiment & le Réalgar à l'arſenic j'ai obtenu alors un acide fluide très-pénétrant & qui précipite avec l'eau; mais cet acide étoit en très-petite quantité. Je me propoſe d'examiner cette combinaiſon plus amplement, en traitant des combinaiſons ſalines du mercure & de la décompoſition du ſublimé corroſif.

SECOND MÉMOIRE
SUR
LES COMBINAISONS SALINES
DE L'ARSENIC.

Par M. BUCQUET.

DANS MON PREMIER MÉMOIRE, j'ai examiné les combinaiſons de l'arſenic avec les acides minéraux. Je m'occupe, dans celui-ci, à faire connoître l'union de cette ſubſtance avec les acides végétaux du tartre & du vinaigre.

La combinaiſon de l'acide tartareux à l'arſenic n'a point encore été examinée, au moins les Auteurs qui ont écrit ſur l'arſenic, n'en ont rien dit; il n'en eſt pas même queſtion dans le Mémoire de M. *Brandt*, dans lequel cependant ce Chymiſte parle des diſſolutions de l'arſenic par les différens acides.

Le procédé que j'ai ſuivi, eſt le même que ſuivent beaucoup de Chymiſtes dans la préparation du tartre ſtibié. J'ai pris une demi-livre de crême de tartre réduite en poudre groſſière; je l'ai jetée dans cinq livres diſtillée bouillante, au bout de ſept à huit minutes, j'ai ajouté une demi-livre d'arſenic groſſièrement pulvériſé, il ne s'eſt pas fait d'effervescence marquée, mais il s'eſt élevé une aſſez grande quantité de bulles qui paroiſſoient annoncer que la combinaiſon ſe faiſoit; j'ai laiſſé la diſſolution bouillir environ un quart d'heure, & tout étant preſque diſſous, j'ai filtré, par le papier gris, la liqueur a paſſé claire, mais un peu jaunâtre, il eſt reſté ſur le filtre un gros & demi d'arſenic pur. La liqueur filtrée a laiſſé dépoſer une très-grande quantité de

petits cryſtaux blancs en aiguilles fines & aſſez peu régulières. La liqueur décantée de deſſus ce ſel, & évaporée, a fourni une nouvelle quantité de cryſtaux ſemblables aux premiers, & la liqueur de cette ſeconde cryſtalliſation évaporée & miſe à cryſtalliſer pour la troiſième fois, a donné encore de ſemblables cryſtaux; enfin les dernières portions de liqueurs ont donné un ſel, qui m'a paru un peu différent des autres, & que je crois être une portion de ſel végétal naturellement contenu dans la crême du tartre.

Le ſel tartareux arſenical a une ſaveur acide comme la crême de tartre; cette ſaveur acide eſt bientôt ſuivie de la ſaveur ſtiptique & rongeante de l'arſenic. Ce ſel expoſé à l'air, perd promptement ſon éclat & devient jaune à ſa ſurface. Il eſt beaucoup plus diſſoluble dans l'eau bouillante que dans l'eau froide; cinq parties d'eau bouillante ſuffiſent pour en diſſoudre une partie, l'eau froide n'en diſſolvant guère qu'un trentième de ſon poids.

Le ſel tartareux arſenical eſt facilement décompoſé par l'action du feu, ſoit à l'air libre, ſoit dans les vaiſſeaux clos. J'ai expoſé ſur les charbons ardents les premiers cryſtaux de ce ſel; ils ſe ſont bourſouflés conſidérablement, & ont commencé par répandre quelques vapeurs purement arſenicales, qui ont été bientôt ſuivies par des vapeurs parfaitement ſemblables à celles que fournit la crême de tartre pure lorſqu'on la fait brûler; il eſt reſté une matière charbonneuſe rare & ſpongieuſe, qui a fini par ſe réduire en cendres ſans donner de vapeurs. Le ſel de la dernière cryſtalliſation expoſé ſur les charbons ardens, donne très-peu de vapeurs arſenicales, & laiſſe, après ſa combuſtion, un charbon conſidérable.

J'ai mis quatre onces de ſel tartareux arſenical dans une cornue de verre luttée que j'ai placé dans un fourneau de reverbère; &, après avoir ajuſté un récipient, j'ai diſtillé très-lentement. Il a paſſé d'abord une eau rouſſeâtre, ayant une odeur légère, & aſſez agréable de ſucre brûlé; cette eau a

laiſſé dépoſer, dans le récipient, quelques cryſtaux blancs aſſez irréguliers. Lorſque j'ai vu qu'il ne paſſoit plus de vapeurs, j'ai retiré ce premier produit, & en pouſſant le feu un peu plus fortement, j'ai obtenu une nouvelle quantité de liqueur aqueuſe ayant l'odeur forte, & empyreumatique, qui a coutume de ſe faire ſentir dans la diſtillation de la crême de tartre. Je n'ai apperçu, dans toute cette diſtillation, rien qui reſſemblât a de l'huile. Après avoir retiré tous les produits fluides, il s'eſt ſublimé, dans le col de la cornue, une matière noire, dont une portion a paſſé juſques dans le récipient; j'ai entretenu la cornue bien rouge pendant deux heures, après leſquelles j'ai éteint le feu. Les vaiſſeaux étant parfaitement refroidis, j'ai examiné les produits & le réſidu de mon opération. Le premier produit, dont l'odeur étoit celle du ſucre brûlé, avoit une ſaveur ſenſiblement acide, il a rougi le ſyrop de violettes & fait efferveſcence avec les alkalis. Les cryſtaux, qui s'étoient précipités au fond de ce premier produit, étoient également acides; j'en ai mis ſur les charbons ardents, ils ont donné d'abord une foible odeur arſenicale, ils ont répandu enſuite des vapeurs de pure crême de tartre, & ſe ſont convertis en un charbon compact. Le ſecond produit, dont l'odeur étoit forte & empyreumatique, étoit également très-acide. La matière ſublimée dans le col des vaiſſeaux, étoit un régule d'arſenic très-pur & en très-grande quantité. Il reſtoit dans la cornue un charbon, qui n'étoit pas compact comme celui de la crême de tartre pure, mais léger, ſpongieux & très-volumineux, reſſemblant beaucoup au charbon qui reſte après la diſtillation du ſucre. J'ai leſſivé ce charbon avec une petite quantité d'eau diſtillée froide; la leſſive filtrée & évaporée, m'a donné de l'alkali fixe déliqueſcent. J'ai fait bouillir dans une beaucoup plus grande quantité d'eau diſtillée, le charbon qui avoit été leſſivé à froid. La décoction filtrée & évaporée m'a donné de véritable ſel tartareux arſenical.

Cette décompoſition, préſente pluſieurs phénomènes qui méritent d'être conſidérés avec attention. Premièrement, elle prouve qu'il y avoit véritablement union, entre la crême de tartre & l'arſenic. Secondement, que cette union, n'eſt pas ſi intime, que le feu ne puiſſe la détruire. Troiſièmement, que l'arſenic paroît donner un certain degré de volatilité à la crême de tartre, puiſqu'une partie de ce ſel paſſe, avec les premières portions d'humidité. Quatrièmement, que l'huile de la crême de tartre, qui ne s'eſt pas volatiliſée, a été, pour ainſi dire, décompoſée, par la chaux d'arſenic, le principe inflammable de cette huile, en s'uniſſant à la chaux métallique la réduit en régule, & les autres principes ont ſervi à former le charbon, qui ſe trouve au fond de la cornue après l'opération. A l'égard de l'alkali fixe qu'on retire en leſſivant le charbon à froid, il paroît être le même que celui qui reſte après la diſtillation de la crême de tartre pure, & le ſel tartareux arſenical, que j'ai retiré par la décoction de ce charbon, n'eſt qu'une petite portion non décompoſée du ſel que j'avois mis en Expérience.

J'ai eſſayé de décompoſer le ſel tartareux arſenical, par tous les moyens employés pour décompoſer les ſels tartareux à baſe métallique, c'eſt-à dire, à l'aide des acides plus forts que la crême de tartre, & à l'aide des alkalis qui ont plus d'affinité avec l'acide tartareux, que n'en ont les matières métalliques.

J'ai pris quatre onces de diſſolution tartareuſe arſenicale, rapprochée au point de la cryſtalliſation; j'y ai verſé deux onces d'huile de vitriol bien concentrée, il s'eſt produit une chaleur des plus conſidérable, le mêlange eſt devenu trouble; &, en retroidiſſant, il a dépoſé, une matière cryſtalline blanche, qui, miſe ſur les charbons, a répandu des vapeurs arſenicales en très-grande quantité; cette matière a été

assez long-tems à se volatiliser, parce qu'elle étoit surchargée d'une portion d'acide vitriolique qui lui avoit communiqué de la fixité; mais, l'ayant lessivée exactement, je l'ai volatilisée très-promptement à l'air libre & dans les vaisseaux clos, & je puis assurer que c'étoit de l'arsenic très-pur. J'ai mis en distillation, dans une cornue de verre, la liqueur que j'avois décantée de dessus ce dépôt arsenical, j'en ai retiré environ la moitié, ce n'étoit qu'un phlegme dont l'acidité n'étoit presque pas sensible, il rougissoit cependant le sirop de violettes, mais il ne faisoit pas effervescence avec les alkalis; j'ai versé dans une capsule ce qui restoit dans la cornue, & par le refroidissement, j'ai obtenu une petite quantité de matière blanche, que j'ai dépouillée par le lavage de l'acide qui pouvoient y être adhérent. Cette matière s'est trouvée être de l'arsenic très-pur. J'ai soumis de nouveau, à la distillation, la liqueur acide qui avoit laissé déposer cette seconde quantité d'arsenic, j'en ai retiré à-peu-près la moitié; ce n'étoit encore qu'un phlegme assez peu acide, quelques grains de sel de tartre ont suffi pour le saturer. Ce qui restoit dans la cornue avoit une couleur noire, & un assez grand degré de fixité; néanmoins, à l'aide d'un feu capable de rougir le fond de la cornue, je suis parvenu à faire passer tout ce qu'il y avoit de fluide; ce produit étoit un acide vitriolique sulphureux, qui ne s'est pas trouvé dans un grand degré de concentration, puisqu'il n'a absorbé que son poids de sel de tartre pour être parfaitement saturé. J'ai fait évaporer le mêlange de cet acide & d'alkali fixe, & j'en ai retiré du tartre vitriolé parfaitement pur. Ce qui restoit dans la cornue, après la distillation, étoit une matière solide, ayant la transparence du verre, & ressemblant assez parfaitement à une gomme bien desséchée. M. *Margraff*, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin, en rendant compte des Expériences qu'il a faites pour retirer, à l'aide des acides minéraux, l'alkali fixe contenu dans la crême de tartre,

dit que ce ſel mêlé à l'acide vitriolique, forme une maſſe mucilagineuſe dont on a beaucoup de peine à retirer un ſel bien figuré. Ce réſidu ſec & ayant l'apparence d'une gomme, ſe détache facilement de la cornue; il eſt très-fragile, ſa ſaveur eſt fortement acide, expoſé à l'air, il en attire très-promptement l'humidité & ſe réſout en liqueur; mis ſur les charbons ardents, il devient liquide & ſe diſſipe en vapeurs, qui n'ont aucun caractère arſenical.

Les phénomènes qui ſe préſentent dans cette Expérience ſont très-ſinguliers. Premièrement, l'acide vitriolique, qui, ſuivant la loi générale des affinités, devroit en qualité d'acide plus puiſſant s'unir à l'arſenic & en ſéparer la crême de tartre, ſe joint au contraire à cette dernière ſubſtance, & donne ainſi lieu au dégagement de l'arſenic; ce qui prouve d'une manière bien évidente le peu de diſpoſition que l'acide vitriolique & l'arſenic ont à s'unir enſemble. Propoſition que j'ai établie & prouvée dans mon premier Mémoire. Secondement, il paroît que la crême de tartre produit de grandes altérations ſur l'acide vitriolique, & qu'elle eſt elle-même entièrement décompoſée, puiſque de deux onces d'huile de vitriol & à-peu-près pareille quantité de crême de tartre, qui devoit ſe trouver dans le ſel tartareux arſenical, je n'ai retiré qu'une once de liqueur d'un acidité aſſez médiocre, & telle qu'un égal poids de ſel alkali fixe ſuffiſoit pour une exacte ſaturation. A l'égard de la matière ſolide reſtée dans la cornue, elle ne peſoit qu'environ un demi-gros. La petite quantité que j'en ai obtenu m'a empêché de la ſoumettre à des examens plus détaillés. Le caractère ſulphureux du produit de la diſtillation, paroît dépendre du phlogiſtique de la crême de tartre qui s'eſt uni à l'acide vitriolique; néanmoins le ſel que j'ai obtenu, par la ſaturation de cette liqueur acide avec le ſel de tartre, ne m'a pas paru différer du tartre vitriolé. M. *Pott* avoit dit que, d'un mélange d'huile de vitriol & de crême de tartre, on retiroit, par la diſtillation, d'abord un acide du

tartre

tartre très-actif, & enſuite de l'acide ſulphureux. M. *Venel* a aſſuré que ce prétendu acide du tartre, n'étoit qu'un véritable acide nitreux; je n'ai rien pu voir de ſemblable.

L'acide nitreux ayant beaucoup plus d'analogie avec l'arſenic que l'acide vitriolique, je penſai qu'il pourroit bien décompoſer le ſel tartareux arſenical. Je pris en conſéquence quatre onces d'eſprit de nitre, que je mêlai avec une pareille quantité de diſſolution tartareuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation, le mêlange ſe fit ſans chaleur, &, au bout de douze heures, je trouvai la ſurface du vaiſſeau qui le contenoit, couverte de petits cryſtaux, que je lavai avec un peu d'eau froide. Ces cryſtaux, après le lavage, avoient conſervé une ſaveur piquante mêlée à la ſaveur d'arſenic, j'en expoſai ſur les charbons ardens, ils ſe diſſiperent en répandant des vapeurs blanches arſenicales, telles qu'a coutume d'en répandre le nitre d'arſenic, il ne s'eſt point manifeſté d'odeur de crême de tartre, & je n'ai point vu de réſidu charbonneux. La liqueur que j'ai décantée de deſſus ce nitre arſenical étoit fort rouſſe, je l'ai miſe en diſtillation dans une cornue de verre au bain de ſable, j'ai retiré environ la moitié du produit; ce n'étoit qu'un phlegme légèrement acide, puiſque quatre onces ont été ſaturées par deux gros de ſel de tartre. Cette liqueur évaporée a fourni des cryſtaux de nitre très-pur. Ce qui reſtoit dans la cornue étoit parfaitement blanc, il s'en élevoit beaucoup de vapeurs blanches ayant l'odeur de l'acide marin, & rien ne s'en eſt précipité par le refroidiſſement. J'ai continué de diſtiller juſqu'à ſiccité. Sur la fin de l'opération, il a paſſé des vapeurs rouges mais qui ſe condenſoient aiſément. J'ai trouvé dans le ballon, après la diſtillation, environ trois onces d'un acide verdâtre légèrement fumant. Cet acide ſaturé par du ſel de tartre, m'a donné des cryſtaux de nitre très-purs. La matière reſtée dans la cornue étoit blanche & compacte. Je l'ai lavée avec une petite quantité d'eau diſtillée froide; elle a

conſervé la ſaveur piquante & arſenicale du nitre d'arſenic. Je l'ai diſſoute dans quatre parties d'eau froide, & j'en ai obtenu des cryſtaux de nitre d'arſenic très-purs. Cette matière lavée & miſe ſur les charbons, s'eſt diſſipée en répandant les vapeurs blanches arſenicales que répand le nitre d'arſenic en brûlant, & elle a été comme ce ſel aſſez long-temps, avant d'être entièrement diſſipée.

L'acide nitreux, que j'ai employé dans cette Expérience, ayant beaucoup d'affinité avec l'arſenic, s'empare de cette ſubſtance, & la ſépare d'avec la crême de tartre, une portion de nitre d'arſenic cryſtalliſe d'abord, l'autre portion reſte en diſſolution dans l'acide conjointement avec la crême de tartre, laquelle diſparoît dans le progrès de la diſtillation, au point qu'on n'en retrouve aucun veſtige ni dans le produit, ni dans le réſidu, qui n'eſt qu'un vrai nitre arſenical.

L'eſprit de ſel eſt en état de décompoſer le ſel tartareux arſenical, comme le fait l'eſprit de nitre, & il cauſe auſſi quelqu'altération à la crême de tartre. J'ai mêlé quatre onces de diſſolution tartareuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation, avec quatre onces d'eſprit de ſel. Le mêlange ne s'eſt point échauffé, mais il eſt devenu trouble, &, au bout de douze heures, j'ai trouvé l'intérieur du vaiſſeau, qui le contenoit, enduit d'une croûte ſaline, jaunâtre & épaiſſe, que j'ai reconnu ſans peine pour du ſel marin arſenical; l'examen que j'en ai fait, ne m'a laiſſé aucun doute ſur cet objet. J'ai décanté la liqueur qui ſurnageoit ce ſel, je l'ai miſe en diſtillation dans une cornue de verre, & j'en ai retiré la moitié. Ce n'étoit qu'une liqueur blanche qui n'étoit pas fortement acide, puiſque deux gros d'alkali fixe du tartre ont ſuffi pour la ſaturer complétement, j'en ai obtenu du ſel fébrifuge de *Sylvius*. La liqueur qui reſtoit dans la cornue étoit d'un jaune foncé & légèrement fumante; elle n'a rien dépoſé par le refroiſſement. J'ai

continué de diſtiller juſqu'à ſiccité. Le produit de la diſtillation étoit parfaitement blanc, & n'a abſorbé que trois gros de ſel de tartre. J'ai fait évaporer ce produit ſaturé, & j'en ai obtenu du ſel fébrifuge de *Sylvius*. L'intérieur de la cornue, qui avoit ſervi à cette opération, ſe trouvoit enduit d'une légère couche charbonneuſe qui paroît dûe à une portion de crême de tartre. Mais cet enduit étant extrêmement petit en comparaiſon de la crême de tartre, qui étoit entrée dans le mêlange, on ne peut s'empêcher de croire que, dans cette opération, la crême de tartre a été détruite comme dans les autres, & s'eſt aſſimilée à l'acide minéral qui a opéré ſa décompoſition.

La propriété qu'ont les acides minéraux de décompoſer ainſi la crême de tartre, ſans en paroître altérés, me paroît bien mériter des recherches particulières auxquelles je compte me livrer inceſſamment.

Les ſels alkalis décompoſent facilement le ſel tartareux arſenical, mais il n'eſt pas indifférent de combiner ces deux ſels d'une manière ou d'une autre. J'ai verſé quatre onces d'huile de tartre par défaillance ſur pareille quantité de diſſolution tartareuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation, il ne s'eſt fait ni effervescence, ni précipité. J'ai évaporé la liqueur, & n'en ai obtenu qu'une maſſe très-ſenſiblement alkaline; on y diſtinguoit cependant la ſaveur de l'arſenic, & cette dernière ſubſtance ſe manifeſtoit lorſqu'on mettoit un peu de la maſſe ſur les charbons ardens. J'eſſayai d'expoſer à l'air une partie de la maſſe d'alkali & de tartre arſenical, penſant qu'à l'aide de l'humidité que reprend l'alkali, je pourrois le ſéparer du ſel arſenical; mais j'ai fait d'inutiles tentatives; toute la maſſe paroît avoir le même degré de diſſolubilité, & elle s'eſt réſoute entièrement en liqueur dans un eſpace de temps fort court. J'ai eſſayé de ſaturer l'excès d'alkali par de l'acide nitreux, obſervant de ne pas mettre plus d'acide qu'il n'en falloit pour

ſaturer l'alkali ſurabondant; j'eſpérois qu'après avoir retiré le nitre que je venois de former, je pourrois obtenir le ſel arſenical pour l'examiner à mon aiſe; mais ce dernier moyen n'a pas mieux réuſſi que le premier. J'ai obtenu des cryſtaux de nitre parfaitement bien figurés; ces cryſtaux étoient ſeulement d'un blanc plus mat que ceux de nitre pur, même ceux que j'avois retirés par la première cryſtalliſation; j'en ai mis ſur les charbons ardens, ils ont détonné avec beaucoup de rapidité en répandant une très-forte odeur d'arſenic. N'ayant pas pu réuſſir à décompoſer le ſel tartareux arſenical à l'aide de l'alkali fixe, lorſque j'ai uni ces deux ſels en liqueur, je pris quatre onces de ſel tartareux arſenical & deux onces d'alkali du tartre bien ſec, je les triturai enſemble dans un mortier de marbre, & je verſai peu-à-peu ſur le mêlange huit onces d'eau bouillante diſtillée. A chaque fois que j'ajoutois de nouvelle eau, il ſe faiſoit une vive effervescence. Lorſque j'ai ceſſé d'appercevoir ce mouvement, j'ai filtré la liqueur qui a paſſé claire, il eſt reſté ſur le filtre un réſidu qui étoit compoſé d'une très-grande quantité d'arſenic pur, & d'un peu de ſel tartareux arſenical que l'eau n'avoit point diſſous. Je m'en ſuis aſſuré en expoſant ce réſidu ſur les charbons ardens; il s'eſt diſſipé preſque entièrement en vapeurs blanches, & il n'eſt reſté qu'une fort petite quantité de matière charbonneuſe appartenante à la crême de tartre. La liqueur filtrée n'a rien dépoſé; je l'ai fait évaporer juſqu'à pellicule, & par le refroidiſſement j'ai obtenu des cryſtaux de ſel végétal, qui, quoique petits, étoient néanmoins très-réguliers. L'eau-mère qui les ſurnageoit, évaporée à pellicule, a également donné du ſel végétal. Ce ſel, mis ſur les charbons, n'a donné aucune odeur arſenicale; ce qui prouve que l'alkali fixe, en s'uniſſant à la crême de tartre, en avoit bien exactement ſéparé tout l'arſenic.

J'ai décompoſé le ſel tartareux arſenical auſſi aiſément par l'alkali volatil que par l'alkali fixe, en mêlant & tritu-

rant enſemble deux onces de ſel tartareux arſenical, & une once de ſel alkali volatil tiré du ſel ammoniac par l'alkali fixe. J'ai étendu le mêlange dans huit onces d'eau diſtillée bouillante, l'efferveſcence s'eſt produite & la plus grande partie de la maſſe s'eſt diſſoute. J'ai filtré pour ſéparer la liqueur claire de la portion de ſel non diſſoute; cette portion reſtée ſur le filtre, contenoit beaucoup d'arſenic pur & une portion de ſel tartareux arſenical. La liqueur claire évaporée n'a fourni que du ſel ammoniacal tartareux, qui, étant mis ſur les charbons, ne répand point d'odeur arſenicale ſenſible.

J'ai eſſayé de décompoſer le ſel arſenical par la voie des doubles affinités. Je n'ai pas employé le tartre vitriolé, bien convaincu par les Expériences rapportées dans mon premier Mémoire; & par celles que j'ai annoncées, dans celui-ci, que ſon acide, n'ayant aucune diſpoſition à s'unir à l'arſenic, même à l'aide des affinités doubles, ce ſel ne pourroit ſouffrir aucune altération. Mais, comme il n'en eſt pas de même de l'acide nitreux, je crus pouvoir réuſſir en mêlant en égale proportion une diſſolution de ſel tartareux arſenical & une diſſolution de nitre, toutes deux au point de la cryſtalliſation. Il ne s'eſt pas fait de précipité dans ce mêlange, & j'en ai obtenu des cryſtaux qui, par leur forme & leur tranſparence, ne différoient en rien des cryſtaux de nitre pur. Je les ai expoſés ſur les charbons ardens, ils ont vivement détonné & ont répandu beaucoup de vapeurs arſenicales, la liqueur décantée de deſſus ces cryſtaux, en a fourni de nouveaux auſſi réguliers que les premiers, mais d'un blanc plus mat; ils détonnoient également avec beaucoup de rapidité, en répandant des vapeurs arſenicales. Enfin la dernière eau-mère a encore fourni un ſel en aiguilles qui détonnoit ſur les charbons, en répandant l'odeur de l'arſenic. Cette Expérience, & une autre que j'ai rapportée plus haut, en parlant des tentatives que j'ai faites pour décompoſer le ſel tartareux arſenical par l'alkali fixe

me font croire que le ſel tartareux arſenical ſe combine aſſez bien avec le nitre, & qu'il n'eſt pas poſſible de ſéparer ces deux ſels, au moins en n'employant que la voie des diſſolutions & cryſtalliſations. Au reſte, il n'eſt pas néceſſaire de recourir aux doubles affinités pour décompoſer le ſel tartareux arſenical, puiſque tous les acides minéraux & les ſels alkalis ſoit fixes, ſoit volatils le décompoſent.

J'obſerverai ſeulement qu'il y a entre le nitre & l'arſenic un rapport ſingulier, & que de tous les ſels neutres, à baſe d'alkali, que j'ai préſenté à l'arſenic, il n'y a que les ſels nitreux dont la baſe puiſſe faire le ſel neutre arſenical; ce qui ſembleroit indiquer que l'acide nitreux agit ſur l'alkali fixe qui lui ſert de baſe, ou ſur l'arſenic d'une manière toute particulière, & qui n'a point encore été déterminée.

Combinaiſon de l'Acide du Vinaigre à l'Arſenic.

M. *Brandt* dit, dans les Actes de l'Académie d'Upſal, que ſoixante-dix ou ſoixante-quinze parties de vinaigre diſtillé diſſolvent une partie d'arſenic. On ſeroit en droit de croire, d'après cet énoncé, que l'acide du vinaigre eſt en état de ſe combiner à l'arſenic; ce qui cependant n'eſt pas exact comme le démontrent les Expériences ſuivantes. J'ai pris deux livres de bon vinaigre diſtillé, que j'ai verſé dans une cornue de verre dans laquelle j'avois mis deux onces d'arſenic en poudre; j'ai ajouté un récipient au bec de la cornue, & j'ai fait bouillir ſur un bain de ſable. J'ai retiré environ un quart du vinaigre que j'avois employé, & j'ai filtré la liqueur de la cornue pour la ſéparer de la portion d'arſenic qui n'étoit pas diſſoute. Cette liqueur filtrée a laiſſé dépoſer par le refroidiſſement une croûte ſaline mince, dans laquelle on découvre quelques petits cryſtaux; ce dépôt qui eſt d'un gris tirant ſur le jaune, m'a paru parfaitement ſemblable à la cryſtalliſation qu'on obtient lorſqu'on a fait diſſoudre l'arſenic dans l'eau bouillante. J'ai mêlé la

liqueur que j'ai retirée de deſſus ce ſel, avec la portion de vinaigre que j'avois raſſemblée dans le récipient pendant la diſſolution de l'arſenic; j'ai fait bouillir ce mêlange ſur ce qui reſtoit d'arſenic à diſſoudre, j'y ai même ajouté une demi-once d'arſenic nouveau; le tout a été complétement diſſous; le ſel que j'ai obtenu par cette ſeconde opération étoit parfaitement ſemblable à celui que j'avois eu d'abord. J'ai goûté ce prétendu ſel acéteux arſenical; il avoit une ſaveur de vinaigre aſſez ſenſible, mais cette ſaveur a diſparu par le lavage; je conjecturai, dès-lors, que le ſel que j'avois obtenu, pouvoit bien n'être que de l'arſenic pur; j'en fus convaincu par les épreuves auxquelles je le ſoumis. J'en ai expoſé ſur les charbons, après l'avoir bien lavé; il s'eſt diſſipé très-promptement en vapeurs blanches, purement arſenicales. J'ai mis deux onces de ce ſel non lavé, en diſtillation dans une cornue de verre luttée; je n'ai retiré d'abord qu'un peu de phlegme ayant une légère odeur de vinaigre & preſque point de ſaveur; cette liqueur rougiſſoit légèrement le Sirop de Violettes, & elle n'a point fait effervescence, avec le ſel de tartre. Après avoir obtenu à-peu-près un gros de ce phlegme, le col de la cornue s'eſt rempli d'une poudre blanche très-fine, quelques petits cryſtaux ſe ſont ſublimés à ſa partie ſupérieure, & rien n'eſt reſté dans le fond. La poudre & les petits cryſtaux examinés avec ſoin, ne m'ont paru être que de l'arſenic pur. Je penſe que le peu de phlegme acidule que j'ai retiré, venoit d'une portion de vinaigre reſtée à la ſurface des cryſtaux.

J'ai pris une demi-once du prétendu ſel acéteux arſenical, j'ai fait bouillir deſſus une once d'huile de vitriol; le tout s'eſt diſſous; mais, en refroidiſſant, la matière s'eſt dépoſée ſous la forme de gros cryſtaux, ainſi qu'il arrrive à l'arſenic pur diſſous dans l'huile de vitriol; ces cryſtaux lavés ſe ſont trouvés effectivement n'être que de l'arſenic.

Les acides nitreux & marin ont diſſous le prétendu ſel

acéteux arſenical. Le premier de ces acides a formé avec lui du nitre d'arſenic, & le ſecond un ſel marin arſenical. On objectera, peut-être, que ces acides ont pu décompoſer le ſel acéteux arſenical, & qu'après avoir chaſſé l'acide du vinaigre, ils ſe ſont emparés de ſa baſe. Cette objection, qui pourroit avoir lieu dans le cas où j'ai employé les acides nitreux & marin, ne peut être juſtement appliquée lorſque je me ſuis ſervi d'huile de vitriol, puiſque ce dernier acide n'a aucune affinité avec l'arſenic, & qu'il ne décompoſe pas les ſels arſenicaux.

L'alkali fixe, que j'ai fait bouillir ſur le prétendu ſel acéteux arſenical, le diſſout; mais il forme avec lui un foie d'arſenic que les acides précipitent facilement; ce qui contribue encore à prouver que ce prétendu ſel n'eſt autre choſe que de l'arſenic.

J'ai fait bouillir du ſel tartareux arſenical dans de bon vinaigre diſtillé, pour voir ſi cet acide plus puiſſant que la crême de tartre, pourroit la dégager & s'emparer de l'arſenic, lorſque cette ſubſtance auroit été déjà entamée par un acide végétal; mais l'union ne s'en eſt pas mieux faite, le ſel s'eſt parfaitement diſſous; mais, par le refroidiſſement, il s'eſt cryſtalliſé, & ſes cryſtaux ont répandu en brûlant l'odeur de l'arſenic ſuivie de l'odeur de la crême de tartre brûlée. Ils ont laiſſé un charbon conſidérable.

Ces Expériences ſuffiſent, je crois, pour démontrer que le vinaigre ne ſe combine pas à l'arſenic, & s'il diſſout cette ſubſtance, c'eſt en raiſon de l'humidité qu'il contient, & c'eſt de la même manière qu'il diſſout le ſel tartareux arſenical. Je penſe d'après cela qu'on peut établir les affinités des acides avec l'arſenic, dans l'ordre ſuivant : l'acide nitreux; l'acide marin; la crême de tartre. A l'égard de l'acide vitriolique & de vinaigre, je penſe d'après ce que j'en ai vu juſqu'à préſent, qu'ils ne s'y combinent en aucune manière.

ANALYSE

ANALYSE DES EAUX DE LA FONTAINE DE MONTMORENCI.

Par M. le VEILLARD.

M. MACQUER a déjà fait un léger Examen de ces Eaux *; mais ſes occupations importantes & multipliées l'ayant empêché de lui donner l'étendue dont il le croyoit ſuſceptible, il m'a lui-même engagé à l'entreprendre, & c'eſt le réſultat de ce travail dont je vais avoir l'honneur de vous rendre compte.

Préſentée le 7 Août 1771.

La digue de l'étang de S. Gratien, près de Montmorenci, eſt fort longue & percée de deux arches édifiées ſur des maſſifs de pierre-de-taille, qui ſe terminent en glacis du côté oppoſé à l'étang; l'objet de ces arches eſt de permettre l'écoulement du trop plein.

Pluſieurs ſources ſulphureuſes ſe trouvent le long de la digue; mais au bas des arches, à l'extrémité du maſſif de pierre de taille ſur lequel elles ſont fondées, de deſſous ſon glacis, & entre les pilotis ſur leſquels il eſt établi, ſourcille la plus conſidérable, celle dont je me propoſe de donner ici l'analyſe; ſon odeur de foie de ſoufre ſe fait ſentir de très-loin; la ſurface de l'Eau & les différentes matières ſur leſquelles elle coule ſont blanchies par le dépôt ſulphureux qu'elle donne, dont une partie ſurnage & l'autre ſe précipite; en pluſieurs endroits, ce dépôt prend diverſes couleurs, on voit des pierres

* Le P. Cotte de l'Oratoire, Correſpondant de l'Académie, eſt celui qui les a fait connoître le premïer.

& des feuilles colorées du plus beau violet, de jaune & de verd ; mais ces couleurs ne ſont que la ſuperficie du dépôt, le deſſous eſt d'un noir très-foncé.

Cette ſource eſt abondante, elle coule dans un lit large d'environ deux pieds, & va ſe jeter aſſez près de ſon origine dans le ruiſſeau qui ſort de l'étang au-deſſous d'un moulin; je n'ai trouvé d'autre plante dans tout ſon cours que des joncs, & je n'y ai vu d'animal vivant que le ver à queue de ſouris; cependant des grenouilles que j'y ai plongées & tenues aſſez long-temps, n'ont donné aucun ſigne de ſouffrance.

A l'endroit où l'Eau ſourcille, on apperçoit au côté des pilotis qu'elle baigne, une matière ſaline grimpante & comme efflorescente, dont le goût eſt ſenſiblement acide & vitriolique.

D'après cet expoſé, trois choſes paroiſſent importantes à examiner, l'Eau, le Sel grimpant & le Dépôt.

Analyſe de l'Eau.

Le Baromètre étant à 28 pouces, une ligne, je plongeai deux Thermomètres de Réaumur, l'un dans la Fontaine, l'autre dans l'Eau de l'étang, tous deux à 9 $\frac{3}{4}$ degrés au-deſſus de zéro à l'air libre, celui de l'étang deſcendit à 9, & celui de la fontaine monta à 10 $\frac{1}{2}$ degrés au-deſſus du zéro.

Le Baromètre étant à 28 pouces demi-ligne, le Thermomètre a 8 $\frac{3}{4}$ degrés au-deſſus de zéro, les Eaux à la même température, le grand Aréomètre de M. de Parcieux eſt deſcendu dans l'Eau diſtillée de ſix pouces 9 $\frac{1}{2}$ lignes, dans l'Eau de Seine claire de ſix pouces & dans l'Eau de Montmorenci de quatre pouces deux lignes & demie, & une bouteille contenant, pleine, une livre, 14 onces, 7 gros, 18 grains d'Eau diſtillée, & une livre 14 onces, 7 gros, 33 grains d'Eau de Seine claire,

contenoit de celle de Montmorenci une livre, 14 onces, ſept gros, 49 grains.

Je remplis de cette Eau une bouteille contenant environ 14 pintes, j'en vidai le goulot auquel j'attachai une veſſie vide & mouillée; l'Eau agitée y produiſit un gonflement très-ſenſible.

Quelques gouttes d'eſprit de nitre verſées dans l'Eau, ont ſenſiblement augmenté ſon odeur de foie de ſoufre; la teinture de noix de galle & le foie de ſoufre n'ont produit aucun effet; l'eſprit-de-vin a diminué l'odeur de foie de ſoufre.

La liqueur colorante du bleu de Pruſſe a d'abord jauni l'Eau, mais cette couleur s'eſt diſſipée.

La teinture de tourneſol a légèrement rougi.

L'alkali fixe a produit ſur-le-champ une couleur brune, & la liqueur s'eſt troublée.

L'alkali volatil par l'alkali fixe, a fait un précipité blanc très-léger; mais celui par la chaux n'a produit aucun effet.

La diſſolution d'argent, celle de Mercure, le vinaigre de Saturne, une ſolution de vitriol vert, les nouvelles Eaux de Paſſy, ont été ſur-le-champ précipités en noir très-foncé. Il eſt bon de remarquer que la ſolution de vitriol martial, ſi on en verſe une très-grande quantité, noircit bien d'abord, mais qu'elle jaunit enſuite, vraiſemblablement parce que l'acide ſurabondant du vitriol eſt alors en aſſez grande quantité pour diſſoudre la partie martiale colorée d'abord par la vapeur de foie de ſoufre; & ce ſentiment eſt d'autant plus probable, que la liqueur redevient noire ſi on la ſurcharge d'une doſe conſidérable d'Eau de la fontaine.

Tous ces différens mêlanges ayant été faits à la fontaine, je voulus voir combien de tems l'Eau pouvoit conſerver ſa vapeur de foie de ſoufre; pour cet effet, j'en mis dans différentes

bouteilles bien bouchées, excepté une que je laiſſai exprès ſans bouchon : je les expoſai à l'air libre & au Soleil, & j'en laiſſai à la cave quinze bouchées de même, excepté une, dans le deſſein d'eſſayer chaque jour l'Eau des bouteilles débouchées, & celle d'une des autres, juſqu'à ce que, tant à l'odorat qu'avec les différentes ſolutions métalliques, elle ne donnât aucun indice de foie de ſoufre.

Les obſervations ſuivantes ſur le Thermomètre & le Baromètre, ont été faites à deux heures après midi.

La bouteille débouchée & laiſſée à l'air libre, ſe troubla dès le lendemain, & ne redevint limpide que le quatrième jour, après avoir laiſſé tomber un dépôt légèrement coloré en brun, que divers eſſais me firent reconnoître pour une terre calcaire entièrement ſoluble avec effervescence dans les acides, trois pintes d'Eau m'ont donné par la ſuite près d'un grain de dépôt ſemblable; en trois jours la même bouteille avoit perdu par degré ſon odeur & la faculté de teindre les ſolutions métalliques, celle d'argent fut la ſeule qu'elle colora légèrement en brun, & cette teinture même ne ſe fit appercevoir que le lendemain de l'infuſion ; le Baromètre varia, pendant ces quatre jours, de 27 pouces, ſept $\frac{3}{4}$ lignes à 28 pouces, & le Thermomètre de 20 $\frac{3}{4}$ degrés à 17 au-deſſus de zéro.

Les bouteilles bouchées & laiſſées à l'air, reſterent limpides & conſervèrent, tant à l'odorat, qu'avec les ſolutions métalliques, les propriétés du foie de ſoufre juſqu'au huitième jour qu'elles ſe troublèrent ; elles dépoſèrent & s'éclaircirent le treizième, & ne teignirent plus dès le douzième ; la hauteur du Baromètre ayant été pendant cet intervalle, entre 27 pouces 5 $\frac{3}{4}$ lignes & 28 pouces 1 ligne, & celle du Thermomètre entre 14 & 20 $\frac{3}{4}$ degrés au-deſſus de zéro.

La bouteille débouchée & miſe à la cave, ſe troubla dès le premier jour & dépoſa le cinquième ; dès le quatrième, elle n'avoit plus d'odeur & ne teignoit plus les ſolutions mé-

talliques; le Thermomètre reſta conſtamment dans cette cave pendant cette obſervation & la ſuivante à 11 degrés au-deſſus de zéro.

Les bouteilles bouchées & dépoſées dans le même lieu, reſtèrent les mêmes pendant quinze jours, & comme il ne m'en reſtoit plus, il auroit fallu recommencer cette opération, ſi le haſard ne m'avoit pas fourni le moyen de la pouſſer beaucoup plus loin que je n'en avois eu l'intention. Je retrouvai dans une cave adjacente, où le Thermomètre reſte ordinairement l'été à 11 ½ degrés, une quantité aſſez conſidérable de bouteilles de quatre peintes, puiſées, ſuivant leur étiquette, neuf mois auparavant, & que j'avois oubliées; j'en eſſayai une, elle ſentoit très-ſenſiblement le foie de ſoufre, & teignit fortement les ſolutions métalliques.

Enfin j'eſſayai de rendre la vapeur de foie de ſoufre à celle qui en avoit été dépouillée; je la fis bouillir long-tems avec ſon dépôt, mais ſans ſuccès.

L'Eau privée de ſes qualités ſulphureuſes, donna avec l'huile de tartre par défaillance, un précipité blanc; avec l'alkali volatil par la chaux, un précipité blanc très-léger; avec celui par l'alkali fixe, un plus abondant, mais moins que celui par l'huile de tartre par défaillance; avec l'Eau mercurielle, un précipité jaune; avec la ſolution du vitriol de Mars, un précipité jaunâtre; avec le vinaigre de Saturne, un précipité blanc très-abondant; & enfin avec la diſſolution d'argent, une couleur d'opale qui ſe maintint très-long-tems, & laiſſa tomber à la fin un dépôt ardoiſé.

Je crus qu'il étoit auſſi très-important d'examiner à quel point cette vapeur de foie de ſoufre étoit volatile, & ſi l'Eau pourroit la conſerver après qu'on lui auroit fait éprouver un degré de chaleur conſidérable, ſoit à l'air libre, ſoit dans les vaiſſeaux fermés.

Quatre livres d'Eau, après avoir bouilli un demi-quart-

d'heure, conſerverent leur odeur de foie de ſoufre, & teignirent plus fortement les diſſolutions métalliques, que l'Eau ſortant de fontaine.

Douze onces d'Eau retirées par la diſtillation de quatre livres d'Eau, ſentoient le foie de ſoufre, & teignoient foiblement les diſſolutions métalliques; mais l'Eau reſtée dans la cucurbite de l'alembic, a conſervé l'odeur de foie de ſoufre, en a contracté une très-forte d'empireume, & a teint en noir les ſolutions métalliques plus fortement que l'Eau ſortant de la fontaine; la diſtillation pouſſée juſqu'à ce qu'il ne reſtât dans l'alembic que le demi-quart de la liqueur, l'Eau diſtillée n'a plus rien produit; mais celle reſtée dans la cucurbite, a donné les mêmes effets que la précédente. Il ſembleroit, par cette expérience, que ces Eaux contiennent du ſoufre en nature, au moyen duquel & à l'aide de la chaleur, il ſe forme un nouveau foie de ſoufre: mais on va voir que l'analyſe n'en donne aucune indice, & d'ailleurs les acides n'y occaſionnent aucun précipité. Quoi qu'il en ſoit, ſi la Médecine jugeoit que les bains de cette Eau puſſent être ſalutaires, on ſent combien ſeroit avantageuſe cette propriété de conſerver, & même d'avoir plus fortement, étant échauffée, la vapeur de foie de ſoufre.

Mais toutes ces différentes Expériences, quoique propres à donner des notions utiles ſur ces Eaux, ne pouvant pas déterminer exactement, & leur nature & la quantité de leurs principes, je fis évaporer à un feu doux, au bain de ſable, dans pluſieurs capſules de verre, 50 livres d'Eau puiſée dans le mois d'Août, filtrée au papier Joſeph, & dépouillée de ſon dépôt ſpontané peſant 15 grains: j'obſervai de faire évaporer mes capſules ſans les remplir.

Quand la liqueur fut diminuée à-peu-près d'un quart, il ſe forma une légère pellicule à ſa ſurface, & elle s'y maintint juſqu'à la fin, ſans aucune autre circonſtance remarquable.

Ayant raſſemblé mes réſidus, je trouvai qu'ils peſoient 4 gros 50 grains, ils étoient d'une couleur brune, ne donnoient aucune flamme ſur les charbons ardens, & attiroient l'humidité de l'air: je les mis digérer à froid, pendant 24 heures, dans quatre onces d'Eau diſtillée; je filtrai la liqueur & je verſai ſur ce qui n'avoit pas paſſé de nouvelle Eau diſtillée; il reſta ſur le filtre trois gros, dix grains, d'une matière qui, miſe à bouillir dans une livre d'Eau diſtillée que je filtrai, ſe réduiſit à deux gros, 46 grains: je verſai de l'eſprit de nitre ſur le réſidu; il ſe fit une forte efferveſcence; je continuai de verſer de l'eſprit de nitre à différens intervalles de temps, juſqu'à ce qu'il ne ſe fît plus d'efferveſcence; je filtrai, j'édulcorai, & il ne reſta ſur le filtre que 29 grains d'une matière ſaline, ſoyeuſe, d'un blanc ſale & preſque ſans ſaveur.

Je fis évaporer mes différentes ſolutions à part; la première me donna des cryſtaux diſtincts, mais embarraſſés dans une matière glaireuſe, jaunâtre & déliqueſcente; je parvins à les nettoyer avec l'eſprit-de-vin rectifié; leur forme priſmatique alongée en colonne & ſtriée dans leur longueur, les fit reconnoître pour du ſel de Glauber. En effet, ils tombèrent en efflorеſcence à l'air; ils avoient un goût amer ſuivi de fraîcheur; fondus dans l'Eau diſtillée, ils ne donnèrent, avec l'huile de tartre par défaillance, qu'un précipité très-léger. J'en conclus que c'étoit un ſel de Glauber à baſe alkaline, & j'en obtins 36 grains.

La partie glaireuſe n'avoit point été diſſoute par l'eſprit-de-vin; j'en verſai de nouveau à pluſieurs repriſes, & je filtrai; je fis évaporer ce qui étoit paſſé, rien ne cryſtalliſa; le réſidu peſant treize grains, avoit un goût ſalé très-piquant; quelques gouttes d'huile de vitriol verſées ſur une partie, excitèrent des vapeurs blanches très-ſubtiles, ſemblables à celles de l'eſprit de ſel fumant: comme le reſte altéroit fortement l'humidité, je le laiſſai tomber en déliquium, & avec quelques

gouttes d'huile de tartre par défaillance, il ſe fit un beau coagulum blanc.

Toute la partie glaireuſe étoit reſtée ſur le filtre, mais elle n'étoit pas encore pure; je la fis diſſoudre dans l'Eau diſtillée, je filtrai de nouveau, &, par ce moyen, je l'obtins toute ſeule; je la deſſéchai, elle peſoit huit grains, elle étoit jaunâtre, très-ſoluble dans l'Eau, en un mot, de véritable gomme. Nous verrons par la ſuite, ce qui peut la former. Il reſta ſur le filtre 39 grains d'une matière ſemblable à celle qui n'avoit point été diſſoute par l'acide nitreux, & j'eus encore 36 grains d'une pareille ſubſtance, en faiſant évaporer ce qui avoit paſſé au travers du filtre après la ſeconde infuſion du réſidu faite à l'Eau bouillante. J'examinai au Microſcope ces trois portions, & je vis diſtinctement dans chacune un grand nombre de cryſtaux priſmatiques, coupés en biſeau à leurs extrémités, comme ceux d'une eſpèce de ſélénite; j'en pris un tiers que je traitai avec de la poudre de charbon & du ſel de tartre dans un creuſet bien clos, pouſſé pendant quelques minutes à un feu de fuſion: triturée ſur-le-champ, lavée & filtrée, elle me donna, au moyen d'un acide, un lait de ſoufre & un précipité ſulphureux. Je mis une autre partie dans un creuſet avec du ſel de tartre, je lutai, j'expoſai le tout à un feu de fuſion, & je me procurai, par les manipulations ordinaires, du tartre vitriolé: enfin l'alkali fixe verſé ſur une troiſième partie, occaſionna un précipité très-abondant, & la liqueur filtrée & évaporée, laiſſa de beaux cryſtaux de tartre vitriolé; ayant bien lavé le précipité, je l'eſſayai avec l'acide vitriolique, qui fit d'abord une violente effervescence; mais une petite partie très-blanche reſta au fond du vaſe, & l'effervescence ceſſa tout-à-fait, quoique la liqueur fût encore fortement acide; je la décantai, je lavai la poudre blanche, je verſai deſſus de nouvel acide vitriolique, & je fis chauffer ce mélange; l'acide parvint à diſſoudre la terre en entier, ſans faire d'effervescence, & quelques gouttes d'alkali fixe, me donnèrent un précipité en flocons,

flocons, comme celui de l'alun ; il paroît donc que cette matière ſaline eſt en grande partie ſéléniteuſe & un peu alumineuſe.

Enfin l'eſprit de nitre verſé ſur le réſidu, après la ſeconde lotion, laiſſa précipiter, par le moyen d'un alkali fixe, 2 gros 8 grains d'une terre calcaire.

On obſervera, en raſſemblant le poids de toutes ces matières, que leur ſomme eſt moindre de 25 grains que celle du réſidu du total ; mais il eſt impoſſible qu'il ne s'en perde pas une certaine quantité dans ces différentes manipulations, ſurtout dans les filtres, & d'ailleurs l'eſprit de nitre employé pour diſſoudre la terre du réſidu, quoique verſé avec précaution, a dû emporter, par la ſolution, une partie ſéléniteuſe dont nous avons bien retrouvé la baſe par la précipitation, mais dont l'acide a été perdu.

L'acide du vinaigre, dont je me ſuis ſervi dans l'opération ſuivante, a le même inconvénient, & celui que j'ai verſé ſur le réſidu dont je vais parler tout-à-l'heure, ainſi que l'eſprit de nitre dont il vient d'être queſtion, & qui avoit été précipité, m'ont donné du turbite minéral avec l'Eau mercurielle, & un précipité ardoiſé avec la diſſolution d'argent ; il faut donc ſe ſervir de l'un & de l'autre avec précaution, & ceſſer de verſer dès que l'effervescence n'a plus lieu ; mais quelques ménagemens qu'on emploie, ils diſſolvent toujours un peu des ſels ſéléniteux & alumineux.

Il réſulte des produits énoncés ci-deſſus, que deux livres ou à-peu-près une pinte d'eau, contiennent, ſans compter la perte, environ 1 $\frac{2}{5}$ grain de ſel de Glauber, $\frac{1}{2}$ grain de ſel marin à baſe terreuſe, quatre gros de ſélénite, une très-petite partie d'alun, & 6 $\frac{10}{10}$ gr. de terre, y compris le dépôt ſpontané.

Tandis que je faiſois l'évaporation précédente dans les vaiſſeaux ouverts, j'en fis une autre dans des alembics de verre,

pourvus de leur chapiteau, de 50 livres d'Eau puiſée le même jour que la précédente, filtrée & dépouillée de ſon dépôt ſpontané, en obſervant de ne point remplir les cucurbites; j'obtins un réſidu très-blanc de 5 gros 64 grains, plus fort par conſéquent d'un gros 14 grains que le précédent. On ſera peut-être ſurpris de cette augmentation, il ſemble même d'abord que la différence d'un réſidu à l'autre devroit être à l'avantage de celui qui s'eſt fait dans les vaiſſeaux ouverts, à cauſe des différentes matières que l'air contient; une grande partie, malgré les plus grands ſoins, tombe dans les capſules, & donne même aux réſidus une couleur brune. MM. les Commiſſaires de la Faculté de Médecine pour l'examen des Eaux de l'Ivette, avoient déjà remarqué ce phénomène, & d'ailleurs quelques réflexions pourront peut-être en faire ſoupçonner les cauſes.

Premièrement, l'agitation continuelle de l'air libre, qui fait office d'éponge à la ſurface de la liqueur, eſt bien capable de favoriſer l'évaporation des parties demi-volatiles.

Secondement, il eſt certain que, dans la diſtillation, les ſubſtances volatiles en entraînent avec elles d'autres, qui ſeroient fixes & réſiſteroient à une chaleur très-violente; nous le voyons dans la rectification des huiles, & la Chymie en fournit beaucoup d'autres exemples: mais ces matières ſont d'autant plus diſpoſées à s'élever, que leur peſanteur ſpécifique eſt moindre relativement au fluide qu'elles ont à traverſer; ce fluide eſt l'air, & certainement celui que renferme les vaiſſeaux fermés eſt infiniment plus raréfié, que l'air libre dont les capſules ſont environnées; les molécules perdant donc d'autant moins de leur poids, que le volume d'air qu'elles déplacent eſt moins peſant, trouvent beaucoup plus de facilité à s'élever dans l'air libre, que dans celui qu'elles rencontrent entre les cucurbites & le chapiteau de l'alembic.

J'ai répété, ſur le ſecond réſidu, les mêmes Expériences que pour le premier, excepté qu'au lieu d'eſprit de nitre, je

me ſuis ſervi de vinaigre diſtillé, & j'ai trouvé les mêmes réſultats, mais avec les différences ſuivantes pour les quantités.

Sel de Glauber, 10 grains; ſel marin déliqueſcent, 9 gr.; gomme, 10 gr.; ſélénite mêlée d'une petite partie alumineuſe, 2 gros, 64 gr.; terre, 2 gros 3 gr.; perte 30 gr. ce qui fait, ſans y comprendre la perte, pour 2 livres ou environ une pinte d'eau, $\frac{2}{5}$ gr. de ſel de Glauber; $\frac{9}{25}$ gr. de ſel marin à baſe terreuſe; $\frac{2}{5}$ gr. de gomme, $8\frac{8}{25}$ gr. de ſel ſéléniteux & alumineux; & $6\frac{12}{25}$ gr. de terre, en comptant le dépôt ſpontané.

Il eſt difficile d'expliquer pourquoi, malgré la quantité plus grande du ſecond réſidu, le ſel de Glauber, le ſel marin à baſe terreuſe & la terre s'y trouvent cependant en moindre quantité, & pourquoi la ſélénite y eſt plus abondante. Peut-être que l'évaporation à l'air libre altère & alkaliſe une partie de la terre, & la rendant propre à former du ſel de Glauber, décompoſe, par ſon moyen, une partie de la ſélénite, & la chaleur plus forte dans les vaiſſeaux fermés, peut enlever au ſel marin déliqueſcent une partie de ſon acide; à la vérité, l'Eau diſtillée n'en donne aucune indice; mais il ſeroit difficile d'en obtenir de quelques grains noyés dans 50 livres d'eau.

Il eſt bon de remarquer ici, qu'en analyſant une ſubſtance quelconque, & ſur-tout des Eaux minérales, il eſt néceſſaire d'y procéder ſans interruption, ſans quoi les principes s'altèrent, ſe décompoſent, ſe recompoſent & donnent des produits tous différens de ceux qui exiſtoient primordialement dans les corps analyſés.

Quelque tems après les opérations dont j'ai parlé, ayant deſſein de faire encore quelques Expériences, je fis évaporer ſix livres d'eau dans une capſule de verre au bain de ſable. Quand l'évaporation fut aux deux tiers, je fus très-étonné de voir une cryſtalliſation rameuſe grimper le long des parois

de la capſule, & ſe propager juſqu'à ſa ſurface convexe : je la recueillis avec grand ſoin, elle peſoit environ deux grains; ſa forme étoit en barbe de plume, comme celle du ſel ammoniac. Ces cryſtaux avoient la même flexibilité que celle qu'on obſerve dans ceux de ce ſel, & qui fait qu'en les palpant, on croit prendre de la cire ; je verſai ſur une partie quelques gouttes d'alkali fixe, & j'eus des vapeurs très-ſenſibles d'eſprit volatil. Je ne doutai plus que ce ne fût du ſel ammoniac : comme je n'en avois point trouvé par l'analyſe ci-deſſus décrite, je crus que j'avois mal-fait mes opérations, & je réſolus de recommencer. Comme je n'avois plus d'eau, que j'étois ſur le point de faire un voyage de quatre mois, je remis ce travail à mon retour, &, dans le mois de Juillet, j'allai moi-même à la fontaine en puiſer de nouvelle ; mais quelque moyen que j'employaſſe, malgré toute l'aſſiduité, l'exactitude & la patience poſſible, je n'obtins pas un atome de ſel ammoniac : cependant un réſidu conſidérable diſtillé dans une cornue avec de l'alkali fixe, produiſit environ $\frac{1}{2}$ gros de liqueur, ſentant fortement l'empireume : j'y mêlai quelques gouttes d'eſprit de ſel, qui ne firent point d'effervеſcence ; je fis évaporer, & le réſidu ſur lequel je verſai un peu d'alkali fixe, donna des vapeurs très-marquées d'eſprit volatil de ſel ammoniac.

A la fin, je me reſſouvins que l'Eau qui m'avoit donné ce ſel, avoit été puiſée le 2 Novembre, dans un tems où la fontaine étoit remplie de feuilles, de dépouilles d'inſectes, & autres ſubſtances, tant végétales qu'animales : je ſoupçonnai que ces matières macérées avoient bien pu donner lieu à la formation du ſel ammoniac, & qu'elles étoient auſſi en grande partie cauſe de la partie gommeuſe dont j'ai parlé.

Il fallut donc attendre l'automne : je fis évaporer 50 livres d'eau puiſée le 23 Novembre, je pris cinq grains du réſidu ſur leſquels je laiſſai tomber deux gouttes d'alkali fixe, qui produiſirent une odeur d'alkali volatil très-marquée ; je mis le reſte

dans une cornue de verre bien lutée, je la plaçai dans un fourneau de réverbère, & j'eus, par la ſublimation, 3 à 4 grains de ſel ammoniac. Ce produit eſt de beaucoup moindre que celui que j'ai cité; mais on conçoit que mille circonſtances, la température de l'air, l'abondance des ſubſtances étrangères dans la fontaine, &c. doivent produire des variations qu'il eſt impoſſible de calculer : de toutes les ſublimations que j'ai tentées, aucune n'a produit de ſoufre.

Examen du Sel grimpant.

Ce ſel eſt acide au goût, mais les morceaux pourris des pilotis de chêne le long deſquels il grimpe & qu'il eſt aiſé de détacher, ont une ſaveur beaucoup plus acide & ſenſiblement vitriolique; quelques gouttes d'alkali fixe verſées ſur ce ſel recueilli en Novembre, ont donné une très-légère odeur comme d'empireume; celui ramaſſé en été n'a rien donné; l'un & l'autre ont rougi ſur-le-champ la teinture de tourneſol; un gros de ſel pris en Novembre, expoſé dans une cornue à un degré de chaleur convenable, n'a rien donné par la ſublimation. Comme le feu pouvoit avoir cauſé quelque altération, je pris un gros & demi de nouveau ſel, je le mis infuſer à froid, pendant 24 heures; dans une once & demie d'eau diſtillée, je filtrai, 12 grains s'étant diſſous, quatre onces d'Eau bouillante ſe chargerent encore de ſept gr.; je verſai ſur un gros, 17 grains, qui me reſtoient, deux onces de vinaigre diſtillé; &, après avoir filtré & édulcoré, je trouvai qu'il avoit diſſous 4 gros, 6 grains; je reconnus les 11 grains reſtans pour de la ſélénite, au moyen des épreuves dont j'ai déjà parlé; je précipitai, par un alkali fixe, la partie diſſoute par l'acide, & c'étoit de la terre calcaire; les ſept grains dont l'Eau bouillante s'étoit chargée, étoient encore de la ſélénite; enfin, en faiſant cryſtalliſer ce que l'infuſion à l'eau froide avoit diſſous, j'obtins quatre gr. de ſel de Glauber, trois gr. de ſélénite, & 2 $\frac{1}{2}$ gr. d'un ſel très-acide en conſiſtance de gelée, ayant la ſaveur de l'alun. Comme il m'étoit difficile de faire cryſtalliſer une ſi petite

quantité, vu la perte qu'occaſionnent néceſſairement les ſolutions, filtrations & même additions qu'on eſt obligé de faire; je mis infuſer & macérer une aſſez grande quantité de morceaux pourris des pilotis, qui, comme je l'ai déjà remarqué, ont une ſaveur vitriolique très-ſenſible; je filtrai, je n'obtins point de ſel de Glauber, mais une quantité conſidérable de ſel acide d'une conſiſtance gélatineuſe. J'employai différens mêlanges, comme l'alkali fixe, la chaux, l'urine, &c. pour le faire cryſtalliſer; le ſeul alkali volatil par la chaux me procura quelques cryſtaux peu réguliers, d'un goût abſolument ſemblable à celui de l'alun, mais qui ne ſe ſont point bourſouflés, comme lui, par la calcination.

Je fis calciner mon ſel & l'eſſayai, mais ſans ſuccès, ſeul & avec les mêmes mêlanges; cependant ce que j'avois traité ſans mêlange, me donna des cryſtaux très-diſtincts de tartre vitriolé, vraiſemblablement parce que la calcination avoit alkaliſé une partie de la matière extractive des pilotis.

Je pris donc le parti de décompoſer mon ſel par l'alkali fixe; il occaſionna un précipité d'un blanc ſale; je filtrai & lavai cette ſubſtance dans l'eau diſtillée, & je verſai deſſus quelques gouttes d'huile de vitriol, il ſe fit une effervescence qui ceſſa bientôt, & qui rendit le précipité du plus beau blanc; je le lavai de nouveau, je verſai de nouvelle huile de vitriol, il ne ſe fit aucune effervescence; mais la diſſolution ſe fit paiſiblement à l'acide de la chaleur d'un bain de ſable; j'obtins, par l'évaporation, de véritable alun, qui, fondu dans l'eau, donna, avec l'alkali fixe, un précipité en flocons.

D'un autre côté la liqueur filtrée, après avoir ſubi l'évaporation, laiſſa des cryſtaux de tartre vitriolé.

Ce ſel eſt donc alumineux, & la première effervescence du précipité avec l'huile de vitriol, n'eſt dûe qu'à la terre calcaire d'une partie ſéléniteuſe, que l'alkali fixe avoit décompoſée.

Dépôt de la Fontaine.

Le dépôt deſſéché a une très-forte odeur de ſoufre ; il prend feu ſur les charbons ardens, donne une flamme bleue tirant ſur le violet, accompagnée de vapeurs d'eſprit volatil ſulphureux : pris en été, quelques gouttes d'alkali fixe verſées deſſus, n'y excitent aucune vapeur ; mais recueilli en hiver, il donne, avec le même alkali fixe, une légère odeur d'eſprit volatil de ſel ammoniac.

Un gros & demi du dépôt d'été, m'a donné, par la ſublimation, ſix gr. de ſoufre ; de la même quantité du dépôt d'hiver, 6 $\frac{1}{2}$ gr. ſe ſont ſublimés. Ces produits eſſayés avec l'alkali fixe, le premier n'a rien donné, des vapeurs très-ſenſibles d'eſprit volatil de ſel ammoniac, ſe ſont élevées du ſecond. J'ai leſſivé ce dernier avec de l'eau diſtillée ; après avoir filtré & évaporé, il n'eſt reſté dans la capſule qu'une tache ſaline dont je n'ai pu évaluer le poids ; mais elle m'a donné avec l'alkali fixe, les mêmes vapeurs que le produit dont je l'avois tirée.

Le dépôt d'été & celui d'hiver, après avoir ſubi la ſublimation, m'ont donné, par différentes lotions, tant à l'eau froide qu'à l'eau bouillante : le premier 12 gr. de ſélénite, le ſecond 10 ; enſuite ayant verſé ſur chaque réſidu de l'eſprit de nitre, juſqu'à ce qu'il ne ſe fît plus d'effervеſcence, ayant filtré & édulcoré, je précipitai du premier 54, & du ſecond 63 grains de terre abſorbante : il reſta ſur le filtre du premier 29 gr. & 24 ſur celui du ſecond. Ayant répété, ſur cette dernière ſubſtance & ſur celles que m'avoient produit les lotions précédentes, les procédés que j'ai déjà cités, je les reconnus pour de la ſélénite.

La proportion des produits du dépôt & du ſel grimpant, peut difficilement s'eſtimer, à cauſe des corps hétérogènes qui s'y trouvent néceſſairement mêlés, quelque ſoin qu'on emploie à les recueillir.

En faiſant avec attention un travail de la nature de celui dont je viens d'avoir l'honneur de vous rendre compte, Meſſieurs, on tente néceſſairement quantité d'Expériences dont on ne retire aucun fruit. J'aurois peut-être dû les rapporter pour épargner à d'autres le dégoût d'un procédé inutile; mais ce Mémoire eſt déjà trop conſidérable, pour ne pas éviter tout ce qui peut faire longueur, & je n'ai preſque fait mention que des procédés qui m'ont réuſſi. Il eſt très-poſſible qu'une main plus ſavante & plus adroite trouve par la ſuite, dans ces Eaux, des ſubſtances que mes lumières, trop foibles peut-être pour venir à-bout d'un pareil ouvrage, n'ont pas ſu y découvrir. Je ne dis rien de leur vertu; il ne m'appartient pas d'en décider, c'eſt aux Juges en cette matière à prononcer à cet égard.

N. B. Environ un an après la lecture de ce Mémoire, j'ai fait nettoyer la fontaine d'Anguien & prendre la ſource de plus haut, l'eau puiſée à l'endroit où elle ſourcille & laiſſée dans un vaſe débouché, ſe trouble quelque tems après, comme elle le faiſoit ci-devant; mais elle ſe charge de plus d'une pellicule jaunâtre, preſque toute formée par du ſoufre, & qui brûle comme lui; le dépôt qui ſe précipite, ne paroît pas en contenir d'une manière ſenſible. MM. les Commiſſaires de la Faculté de Médecine, chargés d'examiner cette fontaine, ſont les premiers à qui cette Expérience ait réuſſi. J'ai depuis obtenu le même produit, & M. d'Eyeux a eu le même ſuccès; enfin M. Roux a trouvé le moyen, à l'aide du beurre d'arſenic, d'avoir pour précipité de véritable orpiment.

EXAMEN CHYMIQUE

EXAMEN CHYMIQUE D'UNE MINE DE FER SPATHIQUE.*

PREMIÈRE PARTIE.

CONTENANT LES EXPÉRIENCES FAITES PAR LA VOIE SECHE.

Par M. BAYEN,

Apothicaire-Major des Camps & Armées du Roi.

Présenté en 1774.

LA MINE DE FER dont l'examen chymique fait le ſujet de ce Mémoire, eſt connue des Naturaliſtes, ſous le nom de *Minera Ferri alba ſpathiformis :* c'eſt un amas de cryſtaux en lames minces, brillantes, douces au toucher, à demi-tranſparentes, de couleur griſe & de forme romboïdale ; on y diſtingue des cryſtaux de quartz & quelquefois des petites pyrites jaunes & gorge de pigeon ; elle n'eſt pas très-dure, & la pointe d'un couteau peut facilement y imprimer des traits, le briquet n'en peut donc point tirer d'étincelles, à moins que par haſard, ou à deſſein, le coup ne porte ſur un grain de *quartz* ou ſur une pyrite.

* J'avois rapporté d'Allemagne, en 1764, divers Échantillons de Mines de Fer, parmi leſquels il s'en trouvoit un de Mine Spathique du poids de quatre livres & demie ; on me l'avoit donné ſous la dénomination de *mine d'où l'on retire le meilleur Acier.*

Cette Mine n'eſt point du tout attirable par l'aimant : ſi on en tient long-tems à l'air un morceau, elle jaunit à la ſuperficie & perd ſon brillant, ce qui annonce un commencement de décompoſition. Lorſqu'on l'expoſe au feu en morceaux d'une certaine groſſeur, ou ſimplement concaſſée, elle décrépite fortement & ſe ſépare en petites parcelles, qui ſont jetées hors du vaſe où ſe fait l'opération. Il n'eſt donc pas poſſible de la calciner, à moins qu'on n'en ait préalablement détruit l'aggrégation cryſtalline en la réduiſant en poudre aſſez fine pour paſſer au tamis de ſoie.

Première Expérience.

J'ai mis dans un petit creuſet 4 gros ou 288 grains de mine pulvériſée & tamiſée. L'ayant expoſée au feu, je ne tardai pas à appercevoir que ſa couleur s'altéroit, elle devint brune & en moins de demi-heure elle étoit tout-à-fait noire; je pouſſai le feu juſqu'à la faire rougir, & je la tins en cet état plus d'une heure & demie, ſans qu'il s'en élevât rien de ſenſible à l'odorat ni à la vue; lorſqu'elle fut refroidie, je la mis ſur la balance & j'en trouvai le poids diminué de 93 grains, c'eſt-à-dire, qu'elle avoit perdue le tiers de ſon poids moins trois grains; c'étoit une poudre d'un noir foncé, qui paroiſſoit avoir augmenté de volume; je lui préſentai alors un barreau d'acier aimanté auquel elle s'attacha avec autant de vîteſſe & en auſſi grande quantité que l'auroit fait la limaille de Fer la plus récente & la plus pure.

Deuxième Expérience.

Je crus devoir répéter cette Expérience dans des vaiſſeaux fermés; je mis en conſéquence une once de la même mine pulvériſée dans une petite retorte de verre lutée, à laquelle j'adaptai un balon percé; je lui fis ſubir le plus grand feu, ayant attention d'ouvrir de tems en tems le petit trou du récipient d'où il ſortoit à chaque fois une quantité d'air remar-

quable, il ne paſſa rien de viſible dans le récipient, il ne s'attacha rien dans col de la retorte, ſi ce n'eſt que, dans le cours de l'opération, j'avois apperçu à deux pouces au-deſſus du bec une petite roſée qui diſparut bientôt. La cornue s'étoit affaiſſée, mais ſans ſe rompre, la matière qu'elle contenoit avoit pris une couleur noire foncée, ſon poids étoit diminué de 2 gros 42 grains, ne peſant plus que 5 gros 30 grains; en ſorte qu'elle avoit perdu, à peu de choſe près, le tiers de ſon poids; tout s'étoit donc paſſé dans les vaiſſeaux fermés comme dans les vaiſſeaux ouverts.

Troiſième Expérience.

Je n'avois pas de vaiſſeau propre à faire des diſtillations pneumatiques, & j'étois preſſé de ſatisfaire ma curioſité: je mis une once de mine pulvériſée dans une petite retorte de verre lutée à laquelle j'adaptai une veſſie de bœuf mouillée & abſolument vide d'air, en moins de trois quarts d'heure de feu vif, la veſſie ſe gonfla ſi fort, que craignant l'exploſion, je ſupprimai le feu & laiſſai tout refroidir, il rentra un peu d'air dans la retorte, ce qui me permit de pincer la veſſie immédiatement au-deſſous du bec & d'y faire une forte ligature aſſujétie par un nœud coulant: je détachai alors celle qui uniſſoit la veſſie à la cornue, & ſubſtituant à cette dernière, un tube de verre long de quatre pouces, je devins le maître de tranſporter le gaz dans un vaiſſeau plus commode; je choiſis une bouteille cylindrique de quatre pintes environ, que je remplis d'eau pure, & l'ayant renverſée & aſſujétie ſur la ſurface d'une terrine également pleine d'eau, je fis entrer dans ſon goulot le tube du verre qui étoit adapté à la veſſie, & détachant le nœud-coulant qui y fixoit le gaz, je parvins à faire ſortir, par une preſſion légère, environ trois pintes d'eau, dont le gaz occupoit la place. Je ne tardai pas à m'appercevoir que l'eau remontoit dans la bouteille, &, par de légères ſecouſſes, j'en accélérai encore l'aſcenſion. Au moment où je jugeai qu'il en étoit rentré environ deux pintes, je fermai

la bouteille, & la retirant de la terrine où ſon orifice étoit plongée, je la mis ſur ſon aſſiette; en la débouchant, il ſe fit un ſifflement qui annonçoit que le gaz étoit encore comprimé, il s'en élevoit une odeur, que je ne peux mieux comparer qu'à celle de Phoſphore: je goûtai l'eau & je la trouvai aigrelette, j'en mis quelques onces dans une petite bouteille où il y avoit environ $\frac{1}{2}$ grain de limaille de Fer, & en peu de tems elle eut la propriété de prendre, avec la poudre de noix de galle, une teinture purpurine.

La Mine employée dans cette Expérience, ayant été retirée de la retorte, n'avoit perdu de ſon poids qu'un gros 57 grains, c'eſt-à-dire, qu'il s'en falloit 53 grains environ, qu'elle n'eût donné tout le gaz que la première & ſeconde Expériences nous ont appris être contenu dans une once de cette même Mine, j'en achevai la calcination à feu ouvert, & je l'amenai au point de perdre à-peu-près le tiers de ſon poids.

L'Expérience que je venois de faire, commençoit à m'inſtruire, mais elle ne rempliſſoit pas mes vues; je diſpoſai ſur-le-champ un de ces appareils chymico-pneumatiques, dont *Hales* paſſera toujours pour être l'Inventeur, quelle que ſoit la forme que nous puiſſions leur donner; j'eſpérois qu'ayant des inſtrumens plus commodes & plus exacts, je ſerois en état, non-ſeulement de recevoir tout le gaz que fourniroit une quantité donnée de notre Mine, mais encore d'en déterminer le volume, & peut-être même le poids ſpécifique.

Quatrième Expérience.

Je choiſis une retorte de verre lutée, qui contenoit un volume d'air égal à quatre onces, un gros d'eau, je la chargeai d'une once de mine tamiſée, j'adaptai à ſon bec un conducteur, ou tube de verre recourbé, dont la capacité contenoit un volume d'air égal à un once deux gros d'eau, je les aſſujétis l'un à l'autre avec du lut gras & des bandes de linge enduites de chaux & de blanc d'œuf; lorſqu'elles furent ſéchées,

je plaçai la retorte dans le fourneau, & en l'y assujétissant, je lui donnai une situation propre à s'unir à l'autre partie de l'appareil, qui consistoit en une terrine pleine d'eau, surmontée d'une bouteille haute & cylindrique, contenant sept livres neuf onces d'eau, l'extrémité recourbée du conducteur ayant été introduite dans le col du récipient, le feu fut allumé; l'air de la cornue se raréfia, & il en passa dans le récipient une quantité suffisante pour déplacer deux ou trois onces d'eau: le feu ayant été augmenté, les bulles se succédèrent assez vîte, l'eau du récipient se déprimoit sensiblement, & lorsque la retorte fut échauffée au point d'être rouge, la dépression se fit avec une promptitude étonnante, l'eau commença à sortir de la terrine, & bientôt elle forma un filet de la grosseur de celui qu'on voit sortir du bec d'un alembic, lorsqu'une distillation se fait rapidement; ce filet étoit l'image de celui que formoit le gaz en sortant du conducteur; l'opération n'étoit pas finie & toute l'eau avoit été poussée hors du récipient, le feu étoit toujours aussi vif, & le fluide ne trouvant plus d'eau à déplacer, se fit jour à travers celle qui étoit dans la terrine, ce qui dura environ cinq ou six minutes, après lequel tems tout étant devenu tranquille, je jugeai l'opération finie; mais, ne voulant pas laisser refroidir l'appareil dans l'état où il étoit, de peur que l'eau montât dans la retorde, je levai légèrement le support & le récipient, sans cependant lui faire quitter la surface de l'eau, & je l'écartai du conducteur d'environ un pouce, je fus alors le maître d'éloigner le fourneau & toute la partie de l'appareil qui en dépendoit; l'eau ne tarda pas à rentrer dans le récipient qui étoit resté en place, en moins de deux heures, il y en étoit remonté plus de quatre onces, & en douze heures environ seize; le lendemain matin, j'évaluai ce qui s'y trouva de 32 à 34 onces, je le fermai à cet instant, & l'ôtant de dessus son support, je remarquai qu'en le débouchant, il se fit un sifflement assez fort, l'eau qui étoit remontré avoit absorbé une grande quantité de gaz, elle étoit aigrelette, son odeur étoit forte & ressembloit à celle du phosphore.

La Mine ayant été retirée de la retorte & mise sur la balance, se trouva avoir perdu, à trois grains près, le tiers de son poids, elle étoit, comme dans les opérations précédentes, d'un noir foncé & entièrement attirable par l'aimant.

Le volume du fluide élastique ou gaz qui s'est exhalé de l'once de mine employée dans cette opération, surpassoit donc celui de 121 onces, où, ce qui est la même chose, de sept livres 9 onces d'eau.

Mon appareil commençoit à se perfectionner, mais il n'étoit pas au point où je le desirois. Ma quatrième Expérience étoit imparfaite, je n'avois pu évaluer que *par-à-peu-près*, l'eau déplacée, & le récipient dont je m'étois servis, étoit trop petit; il étoit facile de remédier au dernier inconvénient & possible de se garantir du premier.

Je choisis, en conséquence, une bouteille cylindrique plus grande que celle qui m'avoit servi dans l'Expérience précédente, je colai dessus une bande de papier blanc, large de six à sept lignes, & assez longue pour s'étendre depuis sa base jusqu'à son colet; je fis, avec une petite bouteille à orifice étroit, une mesure qui contenoit juste quatre onces d'eau; après quoi, ayant posé la bouteille sur une table bien nivellée, j'y versai une mesure; &, dès que le mouvement communiqué à l'eau par la chûte fut passé, je fis sur la bande de papier une marque à l'endroit où la superficie de l'eau étoit fixée: ce premier degré de l'échelle indiquoit quatre onces d'eau; j'ajoutai une autre mesure d'eau, ce fut le second degré qui indiquoit huit onces, & continuant ainsi de quatre onces en quatre onces, je parvins à remplir le récipient, dont le dernier degré étoit le 39.e ce qui fait, à quatre onces par degré, 156 onces, ou neuf livres $\frac{3}{4}$ d'eau. Comme je connoissois la tare de ce vaisseau, je pus vérifier ce poids, & je trouvai qu'à un gros près, il contenoit en effet neuf livres $\frac{3}{4}$ ou 156 onces, ce qui prouvoit que les degrés de l'échelle que je venois de faire, étoient assez justes.

Cinquième Expérience.

Je procédai ſur-le-champ à la cinquième Expérience, &; comme j'avois obſervé dans les diſtillations précédentes, qu'il s'attachoit conſtamment un peu d'eau, ſous la forme d'une roſée, à la partie ſupérieure du col de la retorte, je crus devoir expoſer celle dont j'allois me ſervir à un grand feu, & l'y tenir aſſez long-tems pour en chaſſer toute l'humidité qu'on auroit pu y ſoupçonner; je tins auſſi la mine plus de deux heures à un degré de chaleur, qui, ſans l'altérer, pouvoit en enlever toute l'humidité, dans le cas où elle en auroit pris de l'athmoſphère; ce que je ne préſumois cependant pas, vu qu'elle étoit gardée dans une bouteille exactement bouchée. La retorte étoit encore chaude, lorſque je la chargeai d'une once de mine: le volume d'air qu'elle contenoit égaloit quatre onces deux gros 17 grains d'eau, & celui du conducteur, un once deux gros; j'appareillai comme dans la quatrième Expérience, & le feu fut allumé.

Il étoit dix heures $\frac{3}{4}$ du matin, lorſque l'air des vaiſſeaux, étant au plus grand degré de raréfaction, le gaz commença à paſſer & à déprimer l'eau du récipient: alors j'apperçus, comme dans les Expériences précédentes, une petite roſée ou amas de goutelettes d'eau dans la partie ſupérieure du col de la retorte. L'opération fut conduite avec célérité, en ſorte qu'en moins d'une heure la Mine ayant donné tout le gaz qu'elle contenoit, l'eau du récipient ſe trouvoit fixé au 35.e degré de l'échelle, ce qui indiquoit un déplacement de 140 onces.

La cornue, le conducteur, le fourneau, furent enlevés avant le refroidiſſement, l'eau remonta bientôt dans le récipient qui étoit reſté ſur ſon ſupport, en moins de deux heures elle avoit atteint le 34.e degré; le lendemain, le 29.e: le troiſième, jour elle étoit au 24.e: le quatrième, au 19.e: le cinquième, au 14.^{e} $\frac{1}{2}$: le ſixième au 12.^{e} $\frac{1}{4}$: à cette époque, l'af-

cenſion n'étoit preſque plus ſenſible : le ſeptième jour ; elle s'étoit à peine exhauſſée d'$\frac{1}{4}$ de degré : le huitième jour, elle me parut fixée un peu au-deſſus du 11.e. Je fermai alors le récipient de ſon bouchon, & l'ayant retiré, je le poſai ſur ſa baſe, il ne ſe fit point ou peu de ſifflement en le rebouchant : l'eau qu'il contenoit, n'étoit preſque pas aigrelette, quoiqu'elle eût pourtant une forte odeur de phoſphore.

Les 576 grains de Mine employée dans cette Expérience ; étoient réduits à 391 grains, la perte étoit donc de 185 grains, que tout nous porte à regarder comme le véritable poids du gaz : mais 185 grains de gaz n'ayant déplacé que 140 onces, ou 80,640 grains d'eau, pouvoit m'induire à croire que la peſanteur ſpécifique de ce fluide ſingulier n'étoit à l'eau que comme un à 436, & conſéquemment que ſon poids étoit à-peu-près le double de celui de l'air de l'athmoſphere, dont les Phyſiciens ont établi le rapport à l'eau, comme 1 à 850 ou à 900.

Sixième Expérience.

Cette différence entre le poids de l'air & celui du gaz ; me fit ſoupçonner qu'une portion de ce dernier avoit pu être abſorbée par l'eau du récipient : pour m'en aſſurer, je recommençai l'Expérience, & j'eus la précaution cette fois de mettre un travers de doigt d'huile d'olive ſur l'eau qui devoit être déplacée ; j'employai un récipient beaucoup plus grand que le précédent, mais également gradué, tout fut appareillé à l'ordinaire ; &, après l'opération, la ſuperficie de la couche d'huile ſe trouva fixée au degré de l'échelle, qui indiquoit 192 onces, & l'once de Mine employée, avoit perdu 193 grains de ſon poids : or 193 grains de gaz ayant déplacé 192 onces ou 110,592 grains d'eau, il s'enſuit que ſa peſanteur ſe trouvoit déjà être en rapport avec l'eau, comme 1 à 573.

Le dernier procédé, en me faiſant voir une diminution conſidérable dans la peſanteur ſpécifique, que j'attribuois au

gaz,

gaz ; d'après la cinquième Expérience, fit préſumer que je pourrois encore rapprocher ſon poids de celui que les Phyſiciens ont tâché d'aſſigner à l'air de l'athmoſphère.

Mon appareil avoit un défaut eſſentiel qu'il falloit corriger, le bec recourbé du conducteur n'entroit dans le col du récipient, que d'environ un pouce, & le gaz, en ſe dégageant, avoit à traverſer un volume d'eau très-conſidérable ; je crus que cette eau pouvoit auſſi en abſorber une portion, & j'en fus convaincu d'après l'Expérience ſuivante.

Septième Expérience.

Je rendis le récipient de mon appareil pneumatique, propre à être rempli par ſucceſſion, je fis faire un conducteur de verre, dont la branche recourbée pouvoit s'élever un peu au-deſſus du premier degré de l'échelle ; je mis une once de Mine dans une retorte, & j'appareillai à l'ordinaire ; lorſque, par la ſuccion, l'eau fut montée & arrêtée au deuxième degré environ, j'introduiſis dans le récipient une quantité ſuffiſante d'huile, en faiſant en ſorte d'en fixer la ſuperficie vis-à-vis le deuxième degré de l'échelle, qui marquoit huit onces.

Dans cette Expérience, l'once de Mine employée, fournit 189 grains de gaz qui déplacerent 216 onces ou 124,416 grains d'eau : cette quantité d'eau déplacée, bien ſupérieure à tout ce que j'avois obtenu ci-devant, me mit en état de conclure, ſans prétendre toutefois avoir atteint le véritable point, que la peſanteur ſpécifique du gaz eſt à l'eau comme 1 à 658, c'eſt-à-dire, qu'un volume de gaz, qui ſeroit égal à celui d'une once ou 576 grains d'eau, peſeroit à-peu-près un grain moins $\frac{1}{7}$ de grain (*a*).

(*a*) Je crois que le poids ſpécifique du gaz ſeroit encore moindre ſi on pouvoit trouver un intermède, qui empêchât abſolument ſon abſorption dans

Dès que j'eus fixé, le plus exactement qu'il me fut poſſible, le volume du gaz que fourniſſoit une quantité donnée de Mine de Fer ſpatique, je voulus ſavoir ſi ce fluide que les Anglois ont nommé *air fixe*, pouvoit être reſpiré impunément par les animaux. Pour cet effet, je chargeai une retorte d'une once de mine, j'y adaptai un conducteur, je ſuſpendis ſur la ſuperficie d'une terrine pleine d'eau, un de ces grands récipiens de machine pneumatique dans lequel j'avois placé une alouette jeune & vigoureuſe, je fis monter par la ſuccion, l'eau dans le récipient juſqu'à une hauteur convenable, pour laiſſer à l'oiſeau tout l'air néceſſaire à ſa reſpiration; le gaz fut introduit en un inſtant dans cet appareil, & à peine l'eau fut-elle déprimée d'un demi-travers de doigt, que j'apperçus l'alouette s'inquiéter; ſes aſpirations devinrent plus fréquentes, elle tomba & fit de foibles efforts pour ſe relever; elle tomba de nouveau & bientôt elle perdit tout mouvement, elle étoit morte ou du moins elle paroiſſoit l'être, je la retirai promptement, & l'appliquant contre mon corps, en moins d'une minute elle revint à la vie.

Cette Expérience prouve que le gaz qui s'élève de notre Mine, eſt une mouſette ſuffocante, qui reſſemble aſſez, par ſes effets ſur les animaux, à celle de la grotte du chien en Italie, & à pluſieurs autres que j'ai eu occaſion d'obſerver dans le Royaume.

Huitième Expérience.

Quoique je me ſois propoſé, dans ce Mémoire, d'écarter tout ce qui pouvoit paroître étranger à l'analyſe de la Mine dont j'ai l'honneur de parler à l'Académie, je ne peux cependant m'empêcher de lui rendre compte d'une Expérience, qui

---

l'eau, l'huile d'olive dont je me ſuis ſervi, l'a retardé ſans-doute; outre qu'elle en abſorbe elle-même, il me ſemble qu'elle n'empêche pas l'eau & le gaz de s'unir: j'ai vu pluſieurs fois l'eau remonter en ſept ou huit jours de quinze degrés & plus, malgré l'huile qui la recouvroit.

peut, ainſi que quelques autres qui ont déjà été publiées, commencer à nous donner des idées ſur la nature de cet être ſingulier, que nous nommons *gaz* ou *eſprit*.

J'ai cherché à fixer le gaz d'une once de mine dans de l'alkali fixe, &, pour cet effet, j'ai chargé une petite retorte d'une once de notre mine pulvériſée; j'ai luté à ſon bec un tube de verre de ſix à ſept lignes de diamètre, & de quinze à ſeize pouces de longueur, (mon deſſein étoit d'éloigner, autant qu'il ſeroit poſſible, du fourneau, le récipient dont j'allois me ſervir, & cependant de porter dans ſon fond le gaz qui s'échappoit de la Mine, lors de l'opération.) J'ai verſé environ un gros d'eau diſtillée dans un petit balon, & en le tournant en tout ſens, j'ai pu l'humecter légèrement; après quoi, j'y ai jeté 30 grains de ſel de tartre en poudre ſur la pureté duquel je n'avois aucun doute; ce ſel abſorba l'humidité du balon, tomba en *deliquium* & ſe raſſembla dans la partie la plus baſſe.

Je joignis ce balon au reſte de l'appareil, je fermai exactement les jointures avec du lut gras recouvert de bandes de toiles trempées dans du blanc d'œuf & de la chaux: dans les premiers inſtans où le feu fut allumé, j'ouvrois de tems en tems le petit trou du récipient pour donner iſſue à l'air des vaiſſeaux; mais, me diſpoſant à ne plus l'ouvrir auſſi-tôt que la chaleur ſeroit aſſez forte pour dégager le gaz, je le bouchai exactement avec un peu de lut gras; je pris en même-tems des précautions contre la fracture & l'exploſion des vaiſſeaux, j'enveloppai le balon dans des linges mouillés, & attachant autour de l'appareil des toiles fortes, je ne laiſſai qu'une petite ouverture vis-à-vis la porte du fourneau pour y mettre le charbon lorſque le beſoin le requerroit.

Tout étant ainſi diſpoſé, je pouſſai le feu auſſi vivement & auſſi long-tems qu'il étoit néceſſaire; je m'attendois à chaque inſtant à voir ſauter mon appareil, & ce n'étoit qu'en tremblant que j'en approchois pour mettre du charbon ſous

la cornue; enfin, après une heure & demie d'un feu vif, jugeant l'opération finie, je fermai la porte du cendrier & laiſſai tout refroidir.

Je ne pouvois concevoir que trente grains d'alkali fixe euſſent été ſuffiſans pour abſorber tout le gaz que je ſavois être contenu dans une once de Mine; je préſumois que mes vaiſſeaux avoient pris air par quelque endroit; je ſoupçonnai ſur-tout que le lut gras, qui fermoit le petit trou du récipient, avoit pu être ſoulevé : rien de tout cela n'étoit cependant arrivé; je trouvai les jointures en bon état, & le petit trou me parut très-bien fermé : quoi qu'il en ſoit, le ſel de tartre que l'humidité du récipient avoit réſou en liqueur, ainſi que je l'ai fait remarquer, s'étoit coagulé, & comme il paroiſſoit contenir un peu de liqueur, je le fis égoutter en renverſant le récipient ſur un verre, ce qui en tomba, avoit le goût purement alkalin, & je le regardois comme de l'alkali ſurabondant, qui n'avoit ſubi aucune altération; mais, l'ayant ſaturé avec un peu d'acide vitriolique, je vis avec ſurpriſe que le tartre vitriolique qui ſe forma, prenoit, ainſi que la liqueur; une couleur bleue : les vaiſſeaux dont je m'étois ſervis étoient neufs, l'eau que j'avois miſe dans le balon avoit été diſtillée dans le grès & le verre, je ne pouvois avoir de ſoupçon ſur l'alkali que j'avois employé, c'étoit du pur ſel de tartre; cependant je crus devoir faire une contre-Expérience; je fis diſſoudre dix ou douze grains de ce même ſel dans 24 ou 25 gouttes de la même eau diſtillée, j'en fis la ſaturation avec un peu du même acide vitriolique, le ſel qui ſe forma étoit de la plus grande blancheur, ainſi que la liqueur qui le ſurnageoit. Ne pouvant attribuer la cauſe de cette couleur ni aux vaiſſeaux, ni aux intermèdes dont je m'étois ſervi, je jugeai que ſans doute la Mine ſur laquelle je travaillois contenoit du cuivre, & qu'il n'étoit peut-être pas impoſſible qu'une portion de ce métal eût été volatiliſé; mais, ayant tenté de rendre la couleur bleue plus foncée, en verſant dans la liqueur quelques gouttes d'alkali volatil, j'abandonnai ma conjecture,

parce que cet alkali, bien loin d'augmenter la couleur bleue la détruiſit entièrement : il étoit plus naturel d'en rapporter la cauſe au Fer, & c'eſt, en effet, à lui que je préſume qu'eſt dûe cette couleur.

Quant au ſel qui étoit reſté attaché à l'endroit du balon où il s'étoit formé, ne voulant point le déranger, je pris le parti de couper le récipient, ce qui me donna la facilité d'en retirer les cryſtaux, qui étoient blancs & aſſez réguliers ; ils peſoient 22 à 23 grains, la plupart étoient en colonne à quatre faces, leur goût eſt celui de l'alkali très-adouci, ſi on en met un ſur un charbon ardent, il décrépite ainſi que pluſieurs autres ſels, il perd alors ſa tranſparence & ſe charge en une poudre blanche ; enfin ce ſel eſt entièrement ſoluble dans les acides, celui de vitriol le diſſout avec efferveſcence, & la vapeur qui s'en élève me paroît ne point différer de celle qu'on obtient en ſaturant un alkali avec le même acide ; l'acide du ſel marin le diſſout auſſi entièrement avec efferveſcence : on en peut dire autant de l'acide nitreux & du vinaigre diſtillé ; je dois même faire obſerver qu'après l'acide marin, c'eſt ſurtout dans le vinaigre diſtillé qu'on doit faire l'Expérience de la diſſolution, ſi on veut en tirer quelques conſéquences ; car ſi on jette dans ce dernier acide un cryſtal de ce ſel, comme l'efferveſcence eſt peu tumultueuſe, on peut, en ſuivant de l'œil la diſſolution, remarquer que le mouvement excité par l'action du diſſolvant, ne finit qu'au moment où le dernier atome de ſel eſt diſſous, ce qui ne permet pas d'attribuer l'efferveſcence à l'alkali fixe, dont on pourroit peut-être ſoupçonner notre ſel d'être mouillé, vu que la liqueur dans laquelle il a liſé étoit alkaline.

Il eſt hors de mon ſujet de m'étendre davantage ſur cette matière, qui eſt trop intéreſſante pour ne pas mériter un travail ſuivi, mais ſéparé de l'analyſe dont l'Académie me permet de l'entretenir aujourd'hui. J'ai déjà une ſuite d'Expériences faites dans le deſſein de découvrir la nature du gaz qu'on

retire de certains corps. Je me propoſe d'y en ajouter encore d'autres & d'en former quelque jour un Mémoire que j'aurai l'honneur de préſenter à l'Académie, ſi elle veut bien me le permettre.

SECONDE PARTIE,

CONTENANT LES EXPÉRIENCES FAITES PAR LA VOIE HUMIDE.

LORSQU'ON expoſe cette Mine à l'action des acides minéraux ſoit crûe, ſoit calcinée, elle en eſt facilement attaquée, &, à l'exception des parties de quartz qui y ſont plus ou moins abondantes, elle s'y diſſout entièrement, elle ne réſiſte même pas à l'acide végétal.

Rapport de la Mine avec l'Acide vitriolique.

Première Expérience.

Si on fait digérer à une chaleur douce une once de Mine crûe pulvériſée dans une ſuffiſante quantité d'acide vitriolique, la diſſolution s'en fait paiſiblement, & ſi, par des précautions indiquées par l'art, on eſt parvenu au point de ſaturer l'acide en diſſolvant tout ce qui eſt ſoluble, il ne reſtera dans la capſule que quelques grains de quartz ſous la forme d'un ſable menu & d'une blancheur parfaite; qu'on mette la diſſolution au point de donner des cryſtaux, on obtiendra environ quatorze gros de vitriol martial & quelque peu d'eau mere.

Deuxième Expérience.

Que l'on faſſe calciner une once de la même Mine, pour lui

faire perdre le gaz qui la minéraliſe, on la réduira, à quelques grains près, aux deux tiers de ſon poids, c'eſt-à-dire, à environ cinq gros 24 grains (*a*).

Que l'on traite ces cinq gros 24 grains de Mine calcinée avec de l'acide vitriolique, comme il a été dit dans la première Expérience, l'efferveſcence ſera preſqu'auſſi forte que celle qui s'excite dans la diſſolution de limaille de Fer avec le même acide; que l'on mette la liqueur au point de cryſtalliſer, on obtiendra autant de vitriol martial qu'on en auroit obtenu d'une once de Mine non calcinée; ce qui prouve démonſtrativement, que tandis que le Fer de la Mine crûe ſe combine avec l'acide, la ſubſtance volatile ou le gaz auquel le Fer devoit ſa forme cryſtalline s'évapore.

Troiſième Expérience.

J'ai mis une once de Mine dans une petite retorte de verre, j'y ai auſſi introduit à l'aide d'un tube deux onces d'acide vitriolique concentré, j'ai adapté un petit balon mouillé avec de l'alkali diſſous; le feu fut pouſſé aſſez légèrement, mais ſuffiſamment pour faire paſſer un peu de liqueur dans le récipient, l'alkali fixe s'étant coagulé, je retirai le balon, & à l'aide d'un peu d'eau diſtillée, j'en retirai le ſel que je fis cryſtalliſer de nouveau, & que je reconnus pour être du tartre vitriolé.

On peut déjà juger, d'après cette Expérience, que les intermèdes acides doivent être rejettés, ſi on veut ſe procurer un gaz pur.

(*a*) En calcinant une once de Mine, on perd tantôt plus, tantôt moins, ce qui reſte dans le teſt, pèſe quelquefois plus de cinq gros vingt-quatre grains, & quelquefois moins, cet accident dépend du plus ou du moins de quartz qui s'y rencontre; circonſtance qui fait auſſi varier le volume de gaz qu'on retire de cette même Mine.

En faiſant cryſtalliſer différentes diſſolutions de notre Mine dans l'acide vitriolique, j'ai eu quelquefois un peu de ſélénite calcaire, & quelquefois je n'en ai pas obtenu un atome, ce qui me porte à conclure, qu'outre le quartz, cette Mine contient auſſi quelques petites portions de terre calcaire : j'aurai dans un inſtant une nouvelle occaſion de faire obſerver l'exiſtence de cette terre dans notre Mine ſpatique d'une manière plus marquée.

Quatrième Expérience.

Dans la vue de découvrir ſi la Mine contenoit quelques portions de cuivre, j'ai fait diſſoudre dans de l'eau diſtillée tout le vitriol que j'avois obtenu, en faiſant cryſtalliſer différentes diſſolutions de Mine crûe & de Mine calcinée ; mais ayant tenu, pendant pluſieurs jours dans la liqueur, une lame de couteau bien avirée ſans appercevoir la moindre trace de cuivre précipité, je crois être en droit de conclure que notre Mine ne contient point de cuivre.

Rapport de la Mine avec l'Acide nitreux.

Première Expérience.

Ayant mis, dans un petit matras, une once de Mine crûe pulvériſée, j'ai verſé deſſus ſix gros d'acide de nitre très-pur ; il ne ſe fit dans les premiers inſtans aucun mouvement ; mais, après quelques minutes, il s'établit une légère effervescence, qui continua pluſieurs jours (*a*) ; l'acide prit, en ſe ſaturant, une couleur jaune foncée, je la décantai & lui en ſubſtituai d'autres, l'effervescence ſe rétablit & dura juſqu'à la diſſolution totale qui ſe fit ſi lentement, qu'elle ne fut complète que vers le douzième

(*a*) L'opération ſe faiſoit à froid, car ſi on emploie le feu, la diſſolution ſe fait beaucoup plus vîte.

jour ;

jour; comme la Mine que j'avois employée étoit fort pure, il ne reſta dans le matras que ſix grains $\frac{1}{2}$ de quartz.

J'ai fait évaporer cette diſſolution juſqu'à ſiccité, & je l'ai tenue au feu de calcination le tems néceſſaire pour lui faire perdre tout l'acide qu'elle contenoit, il reſta dans la capſule cinq gros douze grains de ſafran de Mars d'une couleur brune ou preſque noire, & qui n'étoit plus attirable par l'aimant.

Cette Expérience prouve, de plus en plus, qu'une once de notre Mine la plus pure, contient réellement $\frac{2}{3}$ de fer & $\frac{1}{3}$ d'une ſubſtance volatile, qui s'évapore dans la diſſolution par un acide auſſi-bien que par la calcination dans les vaiſſeaux ouverts ou fermés.

Deuxième Expérience.

J'ai pris deux petites retortes de verre, je les chargeai chacune d'une once de Mine concaſſée, dans laquelle on appercevoit quelques grains de quartz; je les ai placées ſur un bain de ſable, & j'ai adapté à chacune un appareil chymico-pneumatique, dont l'un avoit un récipient où j'avois mis une couche d'huile, tandis que l'autre étoit ſimplement rempli d'eau.

En 24 heures, l'eau du récipient avec l'huile fut déprimée juſqu'au degré qui indiquoit 60 onces, & dans le même eſpace de tems, celle qui étoit dans le récipient ſans huile, avoit à peine atteint le degré qui en indique ſeize: cependant tout ſe paſſoit également dans l'une & l'autre retorte; l'effervescence étoit la même, & le procédé ſe faiſant à froid, le degré de température étoit auſſi le même. Le quatrième jour, je chauffai légèrement le bain de ſable, la dépreſſion ſuivit la même marche dans l'un & dans l'autre appareil; dans l'un, elle étoit peu marquée; dans l'autre, elle étoit très-ſenſible, en ſorte que le ſeptième jour, depuis le commencement de l'opération, la ſuperficie de l'eau du récipient avec l'huile, étoit vis-à-vis le degré qui indique 116 onces, & celle du

récipient ſans huile, un peu au-deſſous du degré qui en indique 21.

A cette époque, l'efferveſcence me parut abſolument finie, & j'en fus convaincu en voyant l'eau remonter dans les récipiens fort lentement, à la vérité, mais ſuffiſamment pour annoncer qu'il ne ſe dégageoit plus rien.

Je défis les appareils, le récipient avec huile exhaloit une forte odeur d'acide nitreux, celui où il n'y avoit point d'huile, non-ſeulement répandoit la même odeur, mais l'eau dont il étoit encore preſque plein, avoit un goût très-acide, qui lui avoit été communiqué par l'eſprit de nitre, qui s'étant élevé à l'aide du gaz, s'étoit, auſſi-bien que ce dernier, abſorbé dans l'eau, à meſure qu'ils ſe dégageoient l'un & l'autre.

Il reſta, après la diſſolution des deux onces de Mine employées, 25 grains de quartz de l'une, & 19 grains $\frac{1}{2}$ de l'autra (*a*).

On voit, par cette double Expérience, combien il eſt néceſſaire d'interpoſer un travers de doigt d'huile entre l'eau & le gaz, quand on veut meſurer le volume de ce dernier; mais ce qui mérite principalement d'être remarqué, c'eſt, ſans contredit, cette portion d'acide nitreux, qui, s'élevant avec le gaz & ſe mêlant à l'eau, ne peut que jetter dans l'erreur ceux des Chymiſtes, qui, dans leurs recherches ſur la nature de ce fluide, emploieroient des intermèdes acides pour le dégager.

Troiſième Expérience.

Si notre Mine ſe diſſout dans l'acide nitreux, avant ſa calcination, elle le fait encore plus facilement & avec plus d'effer-

(*a*) Comme, dans cette Expérience, la Mine n'étoit pas en poudre, ce quartz étoit en morceaux aſſez gros pour ſouffrir le coup d'un briquet.

veſcence, lorſqu'elle a ſubi cette opération. J'en ai fait diſſoudre cinq gros 21 grains, qui étoient le produit d'une once de Mine crûe, & ayant retiré par la diſtillation, tout l'acide nitreux, je lavai avec de l'eau diſtillée, le ſafran de Mars, qui étoit reſté dans la cornue, l'eau me parut avoir diſſous quelque choſe de ſalin, elle fut filtrée, & l'alkali fixe en précipita 22 grains d'une terre blanche, que des Expériences déciſives me firent reconnoître pour être de nature calcaire.

Si nous ajoutons cette nouvelle preuve à celle que nous a déjà donné la ſélénite retirée de la même Mine par le procédé avec l'acide vitriolique, nous reconnoîtrons dans cette Mine des portions de terre calcaire, qui, ainſi que le quartz, y ſont éparſes & iſolées.

Son rapport avec l'acide de Sel marin.

L'acide de ſel marin diſſout également la Mine de Fer ſpatique, ſoit devant, ſoit après ſa calcination, & cet agent eſt auſſi-bien que les autres acides, un excellent intermède pour ſéparer les portions de quartz d'avec celles qui ſont purement métalliques; mais, comme il m'a été d'un très-grand ſecours dans cette analyſe, & que c'eſt lui qui m'a fait ſoupçonner que le zinc pourroit bien exiſter dans la Mine, je dois dire un mot ſur la manière dont il en fait la diſſolution.

Ayant mis dans un petit matras demi-once de Mine crûe pulvériſée, & une quantité proportionnée de très-bon acide de ſel marin, il ſe fit ſur-le-champ une vive effervescence; lorſqu'elle fut ralentie, on appercevoit ſur la partie de la Mine qui n'étoit pas encore diſſoute, quelques corpuſcules noirs qui en ſaliſſoient la blancheur; je n'avois rien obſervé de ſemblable dans les diſſolutions par les acides de vitriol & de nitre; je me rappellai ſur-le champ l'effet de l'acide de ſel marin ſur le zinc: (on ſait que, dans la diſſolution de ce demi-métal

par cet acide, il s'en ſépare de petits flocons noirs,) je crus que ceux que je venois d'obſerver, dénotoient que le fer étoit dans la Mine uni à une portion de zinc, je me déterminai auſſitôt à m'en convaincre par quelques Expériences qui ne laiſſent aucun doute.

Procédé par lequel il eſt démontré que la Mine contient du Zinc (a).

Qu'on mette dans un petit matras une once de notre Mine calcinée, qu'on y ajoute 40 grains de vitriol martial ; qu'on verſe ſur le tout ſix onces d'eau diſtillée, & qu'on laiſſe digérer à froid pendant 10 ou 12 jours avec la précaution d'agiter le matras toutes les fois que l'occaſion s'en préſente, qu'on filtre la liqueur & qu'on la faſſe évaporer à une chaleur douce, quand elle ſera réduite à cinq ou ſix gros au plus, on la retirera du bain de ſable, & on l'abandonnera à l'évaporation ſpontanée, au moyen de laquelle on obtiendra une belle cryſtalliſation de vitriol blanc, dont le poids ſera de 25 ou 26 grains.

Cette Expérience que j'ai répétée ſur différens échantillons de Mine & toujours avec un pareil ſuccès, démontre juſqu'à l'évidence que, dans notre Mine, le fer eſt uni à une portion de zinc.

(a) Ce procédé, qui peut être de la plus grande utilité dans certaines occaſions, eſt fondé ſur les loix des affinités, je ne le donne pas comme nouveau, il étoit connu des Chymiſtes du ſiécle paſſé ; mais, ſi je ne me trompe, on n'y a pas trop fait d'attention parmi nous. Les Allemands, au contraire, n'ont pas manqué de le célébrer dans leurs écrits, *Pott* entr'autres en fait mention dans ſa Diſſertation ſur le Zinc, en ces termes : *Jam glauberus & becherus adverterunt, quod Zincum ex vitriolo precipitet, exhabitans metallum & ſemetipſum acido vitriolico aſſocier, tanquam corpus iſtis ſolubilius, & cum eo vitriolum Zincinum efformet.*

Expériences qui prouvent que le Fer eſt dans la Mine ſpathique ſous la forme métallique.

Je pourrois rapporter un grand nombre d'Expériences, qui prouvent que le Fer eſt dans notre Mine ſous ſa forme vraiment métallique, qu'il y eſt enfin avec tout ſon phlogiſtique; mais je me contenterai d'en citer quatre, qui me paroiſſent ne rien laiſſer à deſirer ſur ce ſujet.

1.° La Mine calcinée eſt totalement attirable par l'aimant.

2.° Elle ſe diſſout entièrement avec facilité & avec une effervescence très-vive dans l'acide nitreux.

3.° Je m'en ſuis ſervi avec ſuccès pour revivifier le mercure du cinnabre.

4.° Ayant expoſé dans les vaiſſeaux fermés un mêlange de minium & de mine, le plomb s'eſt réduit comme il auroit fait avec de la limaille de fer.

En démontrant que le Fer eſt dans la Mine calcinée, ſous la forme vraiment métallique, je crois avoir levé tous les doutes qu'on pouvoit avoir ſur l'état où il ſe trouve dans la Mine crûe.

CONCLUSION.

Il réſulte de l'examen chymique que j'ai l'honneur de ſoumettre au jugement de l'Académie.

1.° Que la Mine ſpathique qui en fut le ſujet, conſidérée dans ſon état de pureté, eſt une combinaiſon de fer & de gaz, être ſingulier qui donne au fer la propriété de prendre, en cryſtalliſant, la forme que nous lui voyons dans cette Mine.

2.° Que, dans cette combinaiſon, le gaz eſt au fer à-peu-près comme un eſt à trois.

3.° Que ce Fer eſt uni à une petite portion de zinc.

4.° Que cette Mine, conſidérée en maſſe, ſe trouve dans quelques endroits mêlangée de quartz & de ſpath calcaire.

OBSERVATIONS
SUR
LA MINE DE PLOMB
DE HUELGOAT EN BASSE BRETAGNE.

Par M. DUHAMEL.

Présenté le 30 Août 1776.

LA MINE DE HUELGOAT s'exploite dans une montagne d'environ cent cinquante pieds de hauteur perpendiculaire, à partir du niveau du ruiſſeau dont l'eau fait mouvoir les machines hydrauliques & boccards à l'uſage de cette mine; ſa pente eſt d'environ quarante-cinq degrés, & ſon expoſition Nord-Oueſt.

C'eſt dans cette montagne que la Ducheſſe Anne a fait autrefois travailler un filon de mine de plomb riche en argent; mais elle s'eſt bornée à exploiter dans la partie ſupérieure de la montagne juſqu'au niveau du ruiſſeau; il paroît que trois choſes ont empêché ſes ouvriers d'aller en profondeur. 1.° L'abondance des eaux qui filtrent dans cette mine; 2.° le défaut de connoiſſances dans l'hydraulique, ſoit pour la conſtruction des machines pour l'épuiſement des ces eaux, ſoit pour en conduire ſur ces machines par des canaux fort longs & très-coûteux; 3.° enfin parce que ce filon s'étoit reſſerré & appauvri, & qu'il ne paroiſſoit pas mériter les frais conſidérables & inévitables qu'il falloit faire pour parvenir à une plus grande profondeur.

L'exploitation de cette mine a été repriſe & ſuivie avec ſuccès par la Compagnie des mines de baſſe Bretagne, qui n'a rien

épargné pour porter cet établiſſement au degré de perfection où il ſe trouve aujourd'hui, & on peut dire, avec vérité, que le zèle de cette Compagnie mérite les plus grands éloges & l'attention du Gouvernement par le bien qu'elle fait dans la Province; on peut ajouter que ſans elle cette mine ſeroit encore dans l'oubli, & peut-être à toujours perdue pour l'État.

Je ne m'arrêterai pas à faire la deſcription des travaux & machines de cette mine; je me bornerai à rapporter ſuccinctement ce que j'y ai remarqué de particulier, & qui peut intéreſſer les Naturaliſtes. Il convient néanmoins de dire que le filon principal que l'on exploite dans les montagnes dont j'ai déjà parlé, a ſa direction du Midi au Nord, & que tous ces filons métalliques qui ont une direction oppoſée, c'eſt-à-dire, de l'Eſt à l'Oueſt ſont regardés comme ſtériles en Bretagne, les meilleurs ont leur direction depuis neuf heures juſqu'à midi, & de midi à trois heures; les autres directions n'ont jamais rien donné d'intéreſſant dans cette Province. Si on les ſuit par quelques galeries, c'eſt moins pour y chercher des ſubſtances métalliques que pour reconnoître la nature du terrain, & s'aſſurer s'il n'y auroit pas de filons ou branches de filons parallèles au principal, ou pour procurer de l'air, écouler les eaux, &c. J'aurai occaſion, dans la ſuite, d'entrer dans un plus grand détail ſur cette Obſervation que M. le Chevalier d'Arcy a faite avant moi.

Ce qui m'a le plus frappé en viſitant la mine du Huelgoat, c'eſt d'avoir trouvé le filon accompagné tant au toit qu'au mur, d'une épaiſſeur de dix à douze pieds de pierres roulées ou galets de différentes groſſeurs; elles ſont ou parfaitement ſphériques ou oblongues; les intervalles ou interſtices que laiſſent entr'eux ces galets ſont remplis de terre blanche, & quelquefois ochracée, qui n'a que peu de ſolidité, ſur-tout lorſqu'elle a été expoſée pendant quelque temps à l'air; cette eſpèce de glue ou moëlle de pierre permet de détacher facilement

facilement les galets les uns des autres; elle ne m'a pas paru faire d'efferveſcence ſenſible avec les acides.

Les travaux de cette mine ſont maintenant à plus de quatre cens cinquante pieds de profondeur, à compter du ſommet de la montagne, & à plus de trois cens au-deſſous du ruiſſeau, & on ne diſcontinue pas de trouver les mêmes bancs de galets ſervant de toit & de mur au filon; ſans doute qu'on les trouvera encore beaucoup plus bas: mais ils ne paroiſſent pas s'étendre beaucoup en longueur.

Le minéral de plomb eſt communément très-beau & abondant entre ces deux bancs de galets, & le filon y eſt auſſi puiſſant & auſſi riche que lorſqu'il a paſſé dans ſa matrice ordinaire, qui communément eſt granite d'un côté & ſchiſte de l'autre.

Les galets dont je parle, reſſemblent parfaitement à ceux qui ont été pendant un très-long temps expoſés au flux & reflux de la mer, & que l'on voit ſur ſes rives.

La montagne en queſtion, ainſi que tous les environs, ſont compoſés de granite & pierre ſchiſteuſe; les galets environnant le filon ſont au contraire quartzeux, & la majeure partie ſemble être une glaiſe bleuâtre durcie ou pétrifiée fort dure qui ne ſe délite pas; je n'ai apperçu aucuns coquillages dans la terre blanche qui remplit les intervalles de ces pierres.

Ce qui paroît le plus extraordinaire dans ces bancs de pierres roulées, c'eſt leur diſpoſition; car, comme je l'ai déjà dit, l'un ſert de mur au filon & l'autre eſt ſon toit: ſi l'inclinaiſon du filon étoit de 45 degrés, & qu'il ne ſe trouvât des galets que dans le mur, c'eſt-à-dire, dans la partie ſur laquelle le filon ſeroit appuyé, on pourroit en ce cas expliquer comment elles auroient pu s'y dépoſer; mais l'inclinaiſon du filon eſt d'environ 60 à 70 degrés, c'eſt-à-dire, que l'angle que ſa pente fait avec la ligne horizontale eſt de 60 à 70 degrés, & que celui que cette même pente fait avec la verticale eſt de

20 à 30 degrés : comment donc pouvoir ſe faire une idée de la manière avec laquelle ces bancs de galets ont pu ſe former ? S'il n'y avoit que celui du mur, la queſtion ſeroit plus aiſée à réſoudre ; mais comment concevra-t-on que celui du toit incliné ſur le filon de 60 à 70 degrés, ait pu ſe ſoutenir pour permettre à ce filon de ſe former entre ces deux remparts inclinés ; ce qui m'a paru d'autant plus étonnant, qu'il ne ſe trouve pas de galets dans le corps du filon ; ſi j'y en avois apperçu, j'aurois imaginé que la montagne après s'être fendue, ſoit par le deſſéchement, ſoit par des tremblemens de terre ou autres cauſes, j'aurois penſé, dis-je, que cette fente auroit pu ſe remplir de galets qui y auroient été chariés dans une grande inondation, & que, par ſucceſſion de tems, les intervalles ou interſtices de ces galets auroient pu ſe remplir des ſubſtances métalliques qui compoſent le filon, ainſi que du quartz, ſpath & pirites qui l'accompagnent ; mais il n'eſt rien de tout cela, car ce qui conſtitue le filon, qui communément a plus de ſix pieds de largeur, eſt très-diſtinct des deux bancs de galets qui l'environnent, & ſans aucun mêlange, ſi l'on en excepte la partie deſdits bancs qui touche le filon, qui le plus ſouvent eſt couverte de minéral de plomb, pyrite, quartz & ſpath.

La diſpoſition du filon de la mine du Huelgoat ne permet pas de douter qu'il a été formé poſtérieurement aux deux bancs de galets qui lui ſervent de voûtes ou de parois.

Comment donc expliquera-t-on la manière avec laquelle leſdits galets ont pu ſe ſoutenir dans des plans preſque verticaux, & avoir conſervé cette poſition aſſez de tems pour avoir permis aux matières minérales & métalliques de remplir leur intervalle, & en former le filon que l'on exploite aujourd'hui ?

Ne pourroit-on pas penſer que les deux bancs de galets n'en ont d'abord fait qu'un, qui, par la ſuite, ſe ſera trouvé fendu ou partagé en deux par de nouveaux tremblemens

de terre ou autres cauſes, qu'alors ayant acquis un certain degré de ſolidité à cauſe de la terre qui remplit les intervalles deſdites pierres, ces deux bancs auront pu ſe ſoutenir dans leur poſition inclinée, & qu'enſuite le filon ſe ſera formé en rempliſſant le vide?

Ne pourroit-on pas auſſi croire que cet amas de pierres roulées s'eſt fait de manière que la partie actuellement occupée par la largeur du filon étoit, dans ſon principe, plus terreuſe que les autres, qui ſont de pierres dures? Que les eaux ſouterraines auront peu-à-peu délayé & tranſporté cette terre dans d'autres fentes, & que les ſubſtances métalliques en auront pris la place?

Si l'on admet que ces pierres rondes ſont le réſultat de la cryſtalliſation, ce phénomène ſera plus aiſé à expliquer. J'ai ſeulement oſé haſarder ici mes idées ſur cette matière, qui n'eſt que conjecturale, au-deſſus de mes foibles connoiſſances, & que je ſoumets au jugement de l'Académie, qui, mieux que moi, pourra l'expliquer d'une manière ſatisfaiſante.

Si le tems me l'eût permis, j'aurois levé les plans, coupe & profil de cette mine; j'y aurois exprimé les bancs de galets, & j'aurois été beaucoup plus à même d'entrer dans des détails plus circonſtanciés & plus inſtructifs. J'ajouterai ſeulement ici, que faiſant, l'été dernier, la viſite de cette mine avec Meſſieurs les Députés de la Compagnie, M. le Chevalier d'Arcy étant ſur les lieux, j'apperçus, dans pluſieurs parties du filon, deux ſubſtances qui ſe trouvent fréquemment dans des cavités qui en ſont remplies, l'une d'une ochre martiale que les Allemands appellent *gilben*, & l'autre d'une terre noire & légère comme de la ſuie, préſumant que ces deux matières (qui ci-devant étoient rebutées ou paſſées aux laveries avec les autres, & emportées par les courans), préſumant, dis je, qu'elles devoient contenir de l'argent, j'en pris que je mis ſéparément; j'en fis faire les eſſais; elles ſe trouvèrent tenir plus d'un marc

d'argent par quintal; il y a des parties beaucoup plus riches en ce métal que les autres.

La matière noire, qui certainement eſt en partie un plomb décompoſé, donne, outre l'argent, quelques livres de plomb auſſi par quintal. L'argent contenu dans la matière ochracée, provient ſans doute auſſi de la décompoſition de quelques parties de mine de plomb riche en argent, & l'ochre qui l'enveloppe eſt le réſultat de la décompoſition des pyrites: il eſt à préſumer que l'argent y exiſta ſous ſa forme métallique, c'eſt-à-dire, comme natif; la mine de plomb avec laquelle il étoit minéraliſé par le ſoufre ne s'étant décompoſée, il eſt reſté à nu, & s'eſt trouvé enveloppé par l'ochre provenante de la décompoſition des pyrites.

M. le Chevalier d'Arcy ordonna de ramaſſer avec ſoin ces matières pour les fondre comme les terres de monnoie dans le fourneau à manche avec des matières tenant plomb, comme fonds de coupelles ou teſt, craſſes blanches, &c. Le plomb revivifié de ces matières ſe charge de l'argent contenu dans celles ci-deſſus, & il eſt enſuite paſſé à la coupelle.

MÉMOIRE
SUR
UNE ESPÈCE DE MINE
DÉCOUVERTE NOUVELLEMENT A S.TE MARIE-AUX-MINES.

Par M. MONNET.

Présenté en Mars 1777.

C'EST UN GRAND MALHEUR ſouvent pour les exploitations des Mines lorſque la Nature y préſente quelques matières extraordinaires qu'on n'y a pas vues encore, & dont l'apparence n'eſt point métallique; car les Mineurs n'y ſoupçonnant pas de métal, la jetent ou la mettent à l'écart indifféremment. C'eſt ce qui eſt arrivé depuis peu à Sainte-Marie-aux-Mines. M. *Schreiber*, Directeur, faiſant ouvrir une ancienne galerie, & ayant porté ſes recherches au-délà de ſon fonds, les Mineurs trouvèrent une matière molle, blanche ou griſe, & très-légère, qu'ils ne ſoupçonnèrent nullement contenir rien de métallique. Une très-grande partie de cette matière fut perdue ou emportée par les grandes eaux, avant qu'on y ſoupçonnât rien d'extraordinaire, & pluſieurs centaines de marcs d'argent ont été perdues, avant qu'il vînt en penſée aux Mineurs qu'il pouvoit y avoir de ce métal précieux. Mais le coup-d'œil d'un vieux Maître-Mineur manquoit; une indiſpoſition l'avoit empêché d'aller à la mine depuis quelque tems. M. Schreiber étoit abſent, & tout ſembloit conſpirer pour faire faire cette grande perte; mais enfin ce Maître-Mineur arrive, viſite les travaux, voit de notre matière à terre, en ramaſſe des échantillons; il les examine, il en met

ſur ſa langue, il n'y ſent aucun goût; il paſſe la lame d'un couteau ſur les parties ſolidifiées à l'air, elles deviennent luiſantes comme le poli d'une glace; il comprime les molles; il voit que leur peſanteur devient plus ſenſible à meſure que leur volume diminue; il voit encore que les parties expoſées long-tems à l'air, deviennent d'un gris tirant ſur le violet. Il ramaſſe enſuite tout ce qu'il peut de cette matière, il l'examine encore & s'afflige: quelle eſt la cauſe de cette grande triſteſſe? Il répond qu'il y a de l'argent dans cette matière, & qu'on en a perdu beaucoup, il court auſſi-tôt à Sainte-Marie, frappe à la porte de M. *Schreiber*; eſſayons, dit-il, cette matière ſingulière, & il raconte à M. *Schreiber* tout ce qui s'eſt paſſé. Ce Directeur voit cette matière, & y ſoupçonne auſſi-tôt de l'argent. Le fourneau de coupelle eſt allumé; la ſcorification s'en fait comme à l'ordinaire; aucune vapeur ſulfureuſe ne s'en élève, mais une matière blanche particulière. On coupelle, & on retire un grain d'argent qui annonce 55 livres d'argent au quintal. A cet aſpect M. *Schreiber* ſurpris, étonné, demeure plein de regrets par la perte qu'on a faite de cette matière. Il donne des ordres pour faire de nouvelles recherches à cet égard; mais la Nature refuſe de faire de nouveau ce préſent. Plus il eſt précieux, & plus il eſt douteux qu'on le reçoive encore. Il faut s'en tenir au peu qu'on en a, & l'examiner de nouveau. Quelle eſt cette matière ſingulière, m'écrit M. *Schreiber*? Examinez-la & mandez-moi ce que vous en penſez.

Je reçus quatre morceaux de cette précieuſe mine, chacun d'une once & demi à-peu-près. Je vis, comme le Mineur, que cette matière étoit fort friable, blanche en dedans, & en un mot reſſemblante à une terre argilleuſe non tenace. Je vis que l'endroit gratté paroiſſoit bientôt de couleur brune tirant ſur le violet; je me rappellai auſſi-tôt que l'argent précipité de la lune cornée, prend préciſément la même couleur. Des ſoupçons me viennent auſſi-tôt. Je cherche chez tous les Auteurs de Minéralogie les caractères qu'ils ont aſſignés

à cette précieuſe & très-rare mine, qu'ils ont nommé mine d'argent cornée. Cronſtedt & Vallérius ne me diſent rien qui ſe rapporte à ma mine. Dans la leur, il y a du ſoufre, & dans celle-ci, il n'y en a pas; elle ſe rapporteroit bien plus à celle que ce dernier Auteur expoſe ſous le titre de guhr d'argent ou de mine d'argent terreuſe & friable. Je me rappelle que M. de *Beden*, Directeur-général des Mines aux Hartz, voyageant autrefois en France, montroit aux Amateurs de la Minéralogie un morceau de mine blanche à demi-tranſparente ſur ſes bords, & reſſemblante aſſez à de la corne, qu'il conſervoit très-ſoigneuſement dans une boîte d'or, comme autrefois les dévots leurs Reliques; il diſoit que cette mine étoit la véritable mine cornée, c'eſt-à-dire, une combinaiſon réelle de l'argent avec l'acide marin; il diſoit en avoir fait l'eſſai chymiquement; & tous ceux qui connoiſſoient l'exactitude & les connoiſſances de ce grand Mineur, l'en croyoient facilement; je me rappellai, dis-je, tout cela, & je ne trouvai encore aucune reſſemblance entre cette mine & la mienne. Celle de M. de *Beden* ne changeoit pas de couleur à l'air; elle étoit ſolide, ſe laiſſoit couper comme la mine d'argent vitreuſe, & la mienne n'a aucune de ces belles apparences. Je le répète, ce n'eſt qu'une terre par l'apparence, & il faut apprendre, par cet exemple, à ne rien mépriſer à cauſe de l'apparence, mais à examiner particulièrement avant de juger.

La première Expérience que je fis ſur cette mine, fut de l'eſſayer comme avoit fait M. *Schreiber*. J'en pris trois quintaux poids d'eſſai; je les mis dans un ſcorificatoire ſous la mouffle d'un de mes fourneaux de coupelle. Lorſque cette mine fut bien pénétrée de chaleur, elle ſe grumela & s'aſſembla, en répandant une vapeur qui ſentoit préciſément comme celle qui s'élève de la fonte de la lune cornée. En fuſion, elle étoit blanche, & me piquoit les narines comme elle. Le feu augmenté, cette matière ſe fondit en une matière noirâtre bourbeuſe, & les vapeurs blanchâtres furent plus

abondantes. Alors je portai dans le ſcorificatoire ſix quintaux de plomb d'eſſai (1). La ſcorification ſe fit très-facilement, & en moins d'un quart d'heure je trouvai l'eſſai propre à être jeté ſur plaque. Le bouton ſéparé des ſcories, parfaitement vitrifiées & d'un beau noir, fut porté ſur une coupelle propre à le recevoir. L'éclair paſſé, il me reſta un bouton du poids de 150 livres, ce qui fit 50 livres d'argent au quintal. La différence du produit de mon eſſai d'avec celui de M. *Schreiber* eſt de 5 livres, quoique j'euſſe pris de la mine la plus pure qu'il m'avoit été poſſible d'avoir. Cette différence étoit peut-être dûe à ce que j'avois tenu plus long-tems ma matière dans le ſcorificatoire pour avoir le tems d'examiner ſuffiſamment ces vapeurs, qui avoient vraiſemblablement emporté une partie de l'argent. Je ne devois pas être étonné de cette perte; je vis au contraire par elle une nouvelle preuve de l'exiſtence de l'acide marin dans cette Mine; car on doit ſavoir, & j'ai montré, dans mes Recherches ſur la diſſolution des métaux, que c'eſt un effet ordinaire à cet acide d'emporter avec lui une portion de l'argent; mais il ſe pouvoit auſſi que je n'euſſe pas eſſayé une partie de cette mine auſſi riche que celle qu'avoit employé M. *Schreiber.*

2.° Je fis un nouvel eſſai de cette mine avec un demi-quintal ſeulement; je le ſcorifiai le plus promptement qu'il me fut poſſible, pour ne pas donner le tems à l'acide d'emporter l'argent, avant qu'il pût être imbibé dans le plomb. J'obtins cette fois-là 52 livres d'argent au quintal; mais je n'oſerois pas aſſurer que ce ſoit là le véritable contenu en argent de cette mine; il ſe peut encore qu'il y en ait eu une perte.

3.° Après cela, je pris une demi-once de cette Mine; je la mêlai bien exactement avec trois demi-onces d'alkali fixe

(1) On appelle *Plomb d'eſſai*, un plomb qu'on a revivifié de la litharge la plus pauvre poſſible, & provenant d'une Mine de Plomb très-pauvre elle-même en Argent.

bien pur;

bien pur; je mis ce mêlange dans un creuſet bien graiſſé intérieurement. Je le couvris avec pluſieurs plaques de ſavon gris; toutes précautions qu'il faut avoir pour réduire la lune cornée avec le moins de perte poſſible. Ce creuſet, ayant été placé devant la tuyère de mon ſoufflet, je donnai le feu aſſez vivement, comme il eſt néceſſaire dans cette circonſtance. Tout ſe paſſa préciſément comme dans la réduction de la lune cornée. Comme d'elle les vapeurs s'en élevèrent, & le creuſet fut fendu & crevé vers ſon milieu; j'obtins un régule d'argent du poids juſte de deux gros, en y comprenant quelques grains, qui ſe trouvèrent diſperſés dans les ſcories. Ce produit en argent répond parfaitement, comme on voit, à celui que j'avois obtenu par la ſcorification; mais je n'en croyois pas moins avoir eu un déchet dans l'argent, comme c'eſt l'ordinaire dans cette opération, c'eſt-à-dire, lorſqu'on réduit la lune cornée.

Il y a, dans cette opération, une circonſtance dont il ne faut pas négliger de profiter pour découvrir l'acide marin; c'eſt que cet acide, ſelon que les Chymiſtes le ſavent, doit paſſer, lors de la réduction de la lune cornée, dans l'alkali fixe; mais ils ne ſavent pas tous que ſi on mène cette opération lentement, il n'y en paſſe pas du tout, & que cet acide ſe diſſipe entièrement, en emportant avec lui une portion de l'argent. J'étois donc bien intéreſſé à éviter cette faute, puiſque je cherchois dans cette opération à découvrir l'acide marin, que je ſoupçonnois dans cette mine. Après donc avoir ramaſſé ſoigneuſement les ſcories de cette fonte, je les pulvériſai; les ayant fait bouillir dans ſuffiſante quantité d'eau pure, j'en ſéparai par le filtre une leſſive alkaline, dans laquelle je me propoſois de chercher l'acide marin, qui devoit y être combiné avec une portion de l'alkali fixe. Je partageai ma liqueur en deux parts; j'en fis évaporer une pour voir ſi je n'appercevrois pas de ſel marin fébrifuge; & ſur l'autre, je fis les deux Expériences ſuivantes. Après avoir ſaturé entièrement cette liqueur avec du vinaigre diſtillé, con-

centré & très-pur, je la partageai dans deux verres. Dans l'un, je verſai de la diſſolution mercurielle; &, dans l'autre, de la diſſolution d'argent faite par l'eſprit de nitre. Il ſe fit dans tous les deux un précipité blanc, ce qui, comme le ſavent les Chymiſtes, ne ſeroit pas arrivé dans cette circonſtance, s'il n'y avoit pas eu de l'acide marin. Alors je me crus fondé à admettre réellement l'acide marin comme partie conſtituante de ma Mine, & voici comme je m'y pris, pour mettre cette vérité en évidence. Si l'acide marin eſt partie conſtituante de ma Mine, me diſai-je, c'eſt-à-dire, ſi l'acide marin y eſt combiné réellement avec l'argent, elle doit être la même choſe que la lune cornée & un être ſalin comme elle, à quelque différence près, qui peuvent venir des matières étrangères qui s'y trouvent confondues, comme la ſcorification m'avoit donné lieu de le croire. La Nature me paroîtroit bien bizarre ſi elle nous donnoit des corps, qui n'auroient point les qualités propres à leur eſpèce. Nous n'avons pas à craindre en cette occaſion de nous voir démentir. Comme il y a réellement de l'acide marin dans notre Mine, elle a auſſi toutes les propriétés qui ſont eſſentielles à la lune cornée; elle eſt diſſoluble comme elle dans l'eau, quoiqu'en ait dit pluſieurs Chymiſtes, & en dernier lieu M. *Rouelle* dans ſes procédés chymiques.

4.° Ayant pris un demi-gros de ma Mine, je la fis bouillir dans une chopine d'eau, & cette eau me fournit un enduit ſalin jaunâtre, qui peſoit quatre grains; ce qui répond, à quelques petites différences près, à la quantité que j'en avois diſſous de la lune cornée; ici il y en avoit un grain de plus: je dis enduit ſalin, parce qu'il ne me fut pas poſſible de faire cryſtalliſer cette liqueur, quoiqu'amenée au point convenable pour cela; elle parut toujours fort onctueuſe, épaiſſe, & peu propre à permettre aux cryſtaux de ſe former. Cet état épais & onctueux n'étoit pas dû à la combinaiſon propre de l'acide marin avec l'argent; on s'en doute bien, mais à quelques matières étrangères à cette combinaiſon: quelle eſt-elle cette matière? Queſtion qui m'embarraſſa d'abord; mais, ayant ſoupçonné, comme

je l'ai dit, du fer dans cette Mine, je crus que ce qui augmentoit la quantité de la lune cornée diſſoute, la coloroit & en épaiſſiſſoit la diſſolution étoit une très-petite portion d'acide marin combiné avec une très-petite portion de fer, & que cette matière étoit intimement liée avec la lune cornée, ſuivant une loi que nous avons démontrée autrefois, par laquelle pluſieurs ſels métalliques ſe confondent enſemble au point de ne former qu'une ſeule & même matière ſaline. Pour donc m'éclairer là-deſſus, je fis diſſoudre les quatre grains de ma matière dans de l'eau diſtillée, & je lavai bien dans la même eau la capſule qui avoit ſervi à cette opération. Sur cette nouvelle diſſolution, je verſai quelques gouttes de la liqueur ſaturée du bleu de Pruſſe, ſelon la méthode de M. *Macquer*, & j'eus dans l'inſtant la ſatisfaction de voir qu'il s'y formoit un bleu de Pruſſe. Mais pour profiter, autant qu'il me ſeroit poſſible de cette Expérience, je verſai ſur cette même liqueur quelques gouttes d'alkali fixe diſſout & bien pur. Mon intention étoit de décompoſer par-là la véritable combinaiſon de l'argent avec l'acide marin, & de tâcher de découvrir enſuite cet acide par une de ces petites Expériences qu'on a coutume de faire dans les Laboratoires quand on fait des recherches, & dont j'ai parlé plus haut. Après donc avoir ſaturé l'excédent de l'alkali qu'il pouvoit y avoir dans cette liqueur, j'y verſai quelques gouttes de diſſolution mercurielle, & j'eus ſur-le-champ un précipité blanc.

Mais j'ai dit plus haut que j'avois expoſé une portion de la leſſive de mes ſcories en évaporation; il eſt tems de voir ce qui s'y montre. Tout ce que je viens de rapporter s'étoit paſſé pendant que cette évaporation ſe faiſoit. Cette liqueur s'étoit évaporée preſqu'entièrement; mais je ne pus y appercevoir de cryſtaux de ſel marin diſtincts & ſéparés de l'alkali fixe, & on ſait qu'en pareille occaſion rien n'eſt plus difficile que de les avoir diſtingués; tout ce que je pus faire, ce fut de goûter cette matière ſaline, en qui je crus démêler le goût du ſel marin fébrifuge de *Sylvius*.

5.° Cette démonſtration n'étant pas ſuffiſante pour moi, je pris encore deux gros de ma Mine; je les fis bouillir dans trois pintes d'eau, avec un gros de ſel alkali fixe. Rien n'eſt plus difficile que de décompoſer de cette manière la lune cornée, & je m'attendois bien d'éprouver en cette occaſion la même difficulté; mais cette difficulté même devoit m'éclairer ſur l'analogie de ma Mine avec la lune cornée. Après avoir donc fait bouillir long-tems cette eau, je la filtrai; &, comme je la trouvai encore fort alkaline, je ne m'aviſai pas d'y chercher des cryſtaux de ſel marin; j'aurois éprouvé la même difficulté que j'avois eue précédemment; je ſaturai ſeulement l'excédent de l'alkali au moyen de l'acide du vinaigre concentré, diſtillé, & je cherchai à y découvrir enſuite l'acide marin par les réactifs: en conſéquence j'y verſai de la diſſolution d'argent; j'eus dans l'inſtant un précipité blanc, & tel qu'a coutume de le donner le ſel marin diſſout & étendu dans beaucoup d'eau.

Toutes ces Expériences concourent, comme on voit, à faire connoître que l'acide marin exiſte réellement dans notre Mine, & que cet acide y eſt combiné avec l'argent; mais, comme la Chymie m'offroit d'autres reſſources pour porter cette démonſtration au plus grand degré d'évidence, il eût été imprudent à moi de m'en tenir à cet eſſai ſeulement.

6.° Je pris donc encore une demi-once de ma Mine; je la mêlai avec deux gros de régule d'antimoine en poudre bien pur & bien net. Ce mêlange fut mis dans une petite cornue de verre, que je plaçai au bain de ſable; &, lui ayant ajuſté un récipient d'une capacité convenable, je l'y laiſſai éprouver l'action de la chaleur. A peine ce petit vaiſſeau fut-il chaud, que je vis s'élever de ſon fond des vapeurs blanches, & telles qu'a coutume d'en donner le beurre d'antimoine; je vis enſuite des ſtries jaunâtres & ochracées s'attacher aux parois de ce vaiſſeau: en un mot, je vis tous les ſignes qui ont coutume d'accompagner la formation du beurre d'antimoine; mais je n'eus pas la ſatisfaction de voir paſſer dans le récipient de cette ma-

tière ſaline; le peu qui s'en éleva s'attacha aux parois du col de la cornue, & s'y deſſécha; c'étoit ſans doute faute d'humidité, & ce qui prouveroit peut-être que l'acide marin eſt encore plus concentré dans la lune cornée qu'il n'eſt dans le ſublimé corroſif, matière avec laquelle on fait bien plus communément le beurre d'antimoine qu'avec la lune cornée, qui n'eſt même connue de la plupart des Chymiſtes pour être ſuſceptible de ſe décompoſer au moyen du régule d'antimoine que d'après la table des affinités de M. Geoffroy. Cependant on conçoit que, dans cette occaſion, la partie de l'acide marin que je ſoupçonnois être unie à une portion de fer, ne devoit pas la quitter pour s'attacher par préférence au régule d'antimoine; car on ſait que c'eſt préciſément le contraire, & que l'acide marin s'attache par préférence au fer; mais il y avoit lieu de croire que la décompoſition qui s'étoit faite dans cette occaſion de la vraie combinaiſon de l'acide marin avec l'argent, avoit rompu la liaiſon qu'il y avoit entre ces deux matières; que la première devenue libre par-là s'étoit auſſi élevée comme nous venons de le remarquer, & que c'étoit elle qui coloroit en jaune les parois du vaiſſeau; mais, pour rendre cette conjecture plus probable, je mis auſſi-tôt deux gros de ma Mine dans un petit matras, à qui je fis éprouver le même degré de chaleur que la cornue, & pendant le même tems; rien ne monta, & il ne ſe montra aucune tache ferrugineuſe au parois de ce vaiſſeau; la matière parut ſeulement rougeâtre & moins pulvérulente que lorſque je l'y avois miſe, le fond même avoit acquis de la diſpoſition à ſe fondre.

Après avoir fait cet eſſai de comparaiſon, je voulus voir décidément ſi j'avois fait réellement du beurre d'antimoine. Il eſt des moyens de le reconnoître plus particulièrement. Le beurre d'antimoine ſe décompoſe, comme on ſait, dans l'eau; ſa partie métallique ſe ſépare de l'acide & ſe précipite ſous la forme d'une chaux très-diviſée. Je pouvois voir tout-à-coup cet effet en verſant de l'eau dans ma cornue; mais je voulus

me ménager le moyen de le voir plus à l'air, en n'y en verſant que quelques gouttes d'abord, & ce qu'il en falloit ſeulement pour délayer la matière ſans la décompoſer entièrement. Je retirai de cette manière quelque peu d'une liqueur onctueuſe, qui imprimoit en effet un goût foible de beurre d'antimoine ſur la langue. Cette liqueur ſe blanchit & ſe troubla un peu plus lorſque j'y mêlai davantage d'eau. J'ai dit que j'avois cru reconnoître une portion ferrugineuſe unie auſſi à l'acide marin dans cette matière; c'étoit ici une belle occaſion de vérifier cette conjecture, & rien n'étoit plus aiſé; car on ſait que cette combinaiſon n'eſt pas ſuſceptible de ſe décompoſer comme le beurre d'antimoine au moyen de l'eau; à cet effet, je mis une très-petite pincée de noix de galle dans ma liqueur, en peu de tems, elle devint très noire.

Comme j'avois lieu de croire que ma Mine n'étoit pas parfaitement pure, je ſoupçonnai auſſi qu'il pouvoit y avoir une partie de chaux de fer indépendante des combinaiſons de l'acide marin, & rien n'étoit encore plus aiſé que de vérifier cette exiſtence.

7.° A cet effet, je mêlai un gros de ma Mine dans un matras avec de l'acide vitriolique; j'en mêlai autant avec chacun des autres deux acides minéraux; & ayant fait bouillir tous ces mélanges au bain de ſable, je vis que chacun d'eux s'étoit chargé d'une portion conſidérable de fer; car non-ſeulement ils s'étoient tous colorés en jaune, mais encore la noix de galle les faiſoient venir noirs comme de l'encre. Je dois remarquer encore, en cette occaſion, que l'acide marin me parut chargé de quelque choſe de plus que du fer; car, l'ayant fait évaporer après l'avoir filtré, je vis qu'elle étoit devenue épaiſſe & cauſtique; propriété qu'on ne remarque pas dans la diſſolution ſimple du fer par l'acide marin; mais, m'étant reſſouvenu que tous les ſels métalliques ſont ſuſceptibles de ſe diſſoudre dans le même acide dont ils ſont formés, je crus qu'en

cette occaſion l'acide marin avoit diſſous une partie même de ma Mine, & j'en vis la preuve lorſqu'ayant précipité au moyen de l'alkali fixe tout ce qui put ſe précipiter de cette liqueur, je fis rediſſoudre ce précipité dans de l'acide nitreux, où ayant mis enſuite un peu d'une diſſolution de ſel marin, j'eus un précipité blanc. Le même effet n'eut pas lieu avec les diſſolutions faites par les autres acides.

8.° Cependant l'exiſtence du fer dans ma Mine, me donnoit de la ſuſpicion ſur la pureté de l'argent que j'en avois obtenu par la fonte; car, quoique je n'y euſſe mis aucune matière qui pût fournir du phlogiſtique à ce fer en chaux, il ſe pouvoit néanmoins que l'argent en eût retenu une partie avec lui en s'aſſemblant au fond du creuſet, & que ce fer ne fût pas aſſez déphlogiſtiqué pour ſe refuſer à cette aſſociation. Il étoit donc important de voir de combien l'argent en pouvoit être rendu impur. En conſéquence je mis un quart de quintal de cet argent ſur une coupelle appareillée; &, lorſqu'il fut en l'état convenable pour être coupellé, j'y portai un quintal de plomb d'eſſai. Le bouton, qui me reſta, m'annonça deux livres de perte au quintal, & cette perte ne pouvoit être dûe qu'au fer ſcorifié dans cette opération.

L'exiſtence du fer eſt donc démontrée dans cette Mine indépendamment de celui qui en fait partie véritablement, c'eſt-à-dire, de celui qui eſt combiné avec l'acide marin comme l'argent; mais cette exiſtence ne peut que jetter dans l'embarras, quand on ſait avec quelle facilité le fer décompoſe la lune cornée. Il faut croire que, dans cette occaſion-ci, il y a deux circonſtances qui empêchent cette décompoſition : la première, eſt que ce fer y eſt dans l'état de chaux, & la ſeconde, eſt qu'il n'y eſt pas mêlé bien exactement; on voit en effet des parties ochracées dans cette Mine : mais n'y a-t-il pas d'autres parties ferrugineuſes étrangères à la compoſition de cette Mine ? Voilà ce à quoi nous ne ſaurions répondre.

9.° Cependant cette facilité même qu'a la lune cornée de ſe décompoſer au moyen du fer, & remarquée de nouveau en cette occaſion-ci, par des lames de couteaux que j'avois paſſé ſur ma Mine, qui ſe ſont trouvées peu de tems après tachées très-fortement, me fourniſſoit une nouvelle idée de rendre l'acide marin ſenſible dans cette Mine. Je triturai de la limaille de fer neuve avec deux gros de ma Mine, après quoi j'humectai ce mêlange avec de l'eau ; quelques heures de repos m'apprirent qu'il n'étoit pas même néceſſaire, pour faciliter cette décompoſition, de lui faire éprouver l'action de la chaleur, le gonflement & le changement de couleur m'apprenoit aſſez qu'elle étoit déjà faite ; je le plaçai néanmoins ſur le bain de ſable pour en être plus aſſuré. La matière étendue dans de l'eau, je filtrai, & j'en eus une vraie diſſolution de fer ; mais étoit-elle faite par l'acide marin ? C'eſt ce que nous allons voir. Je verſai deſſus de l'alkali fixe en liqueur, en prenant garde toutefois de n'en mettre que ce qu'il en falloit pour faire précipiter le fer. La précipitation du fer étant faite, je filtrai la liqueur, & la fit évaporer dans une capſule de verre au bain de ſable : alors je vis diſtinctement & clairement des cryſtaux de ſel marin fébrifuge de *Sylvius* ; je vis, en un mot, la confirmation de mes autres démonſtrations ; mais, comme ſi j'en devois douter encore, je verſai de l'huile de vitriol deſſus, & il en partit des vapeurs très-fortes d'acide marin.

Voilà donc notre Mine reconnue pour être la véritable Mine d'argent cornée, tant célébrée par les Minéralogiſtes Allemands, & ſi vainement, puiſque celle qu'ils nous préſentoient pour exemple de cette eſpèce n'en étoit réellement pas (*a*) à l'égard de la manière de la fondre en grand, &

(*a*) On voit que M. *Lehmann* reconnoît de l'Arſenic dans la ſienne ; voyez la *Page* 115, *Tome* I. de ſes Œuvres Phyſiques ; M. *Gillert*, *page* 52 de la Chymie Métallurgie y admet du Soufre & de l'Arſenic.

d'en retirer

d'en retirer l'argent; il n'en eſt point de plus expéditive, je crois, & de meilleure que de la jeter peu-à-peu dans un bain de coupellation. J'ai eu occaſion de remarquer que cette Mine s'imbibe aſſez facilement dans le plomb fondu, & qu'elle s'y ſcorifioit très-facilement, & la raiſon de cela, je crois, vient de ce que l'acide marin quitte l'argent pour s'attacher au plomb; c'eſt Kunckel qui a fait cette remarque le premier, comme on peut le voir dans ſon Laboratoire chymique, *page* 311, & par-là on conçoit facilement que l'acide marin n'a pas le tems de volatiliſer l'argent.

Comme lune cornée, notre Mine fourniroit 60 livres d'argent au quintal, ſi elle n'étoit pas mêlée avec quelques matières étrangères; or ces parties étrangères, nous l'avons dit, ſont une portion remarquable de chaux de fer & d'autres parties terreuſes; j'y ai même vu des parties quartzeuſes qui y étoient intimement unies, & on ſait d'ailleurs qu'il n'y a pas de Mine parfaitement pure, & qui ne contiennent plus ou moins de parties terreuſes. Les plus pures ſont celles qui ſont cryſtalliſées ou en cryſtaux réguliers diſtincts & ſéparés les uns des autres; mais notre Mine, comme nous l'avons dit, n'a que l'apparence d'une terre. Dans l'envoi cependant que M. *Schreiber* m'a fait, il s'eſt trouvé un morceau quartzeux, auquel eſt adhérent une portion très-petite de cette Mine ſolide & compacte, qui ſe laiſſe couper aiſément au couteau, qui eſt très-flexible, qui ſe ternit à l'air, & y devient d'un brun-violet comme celle qui eſt terreuſe; mais je conſerve cet échantillon très-précieuſement pour me ſervir de point de comparaiſon dans d'autres occaſions.

MÉMOIRE
SUR
UNE NOUVELLE ESPÈCE
DE MOUCHE,
DU GENRE DES CINIPS,
Trouvée dans l'enceinte de la Ville de Lyon.

Par M. DE LA TOURETTE.

Préſenté en Juillet 1771.

L'INSECTE que je vais décrire, & ſur lequel je haſarderai de courtes réflexions, m'a paru une eſpèce nouvelle, ou, pour mieux m'énoncer, une eſpèce inconnue à M. de *Réaumur*, à M. *Linnæus*, ainſi qu'à MM. *Geoffroi*, *Scopoli*, *Schæffer* & autres Savans Entomologiſtes, dont j'ai parcouru les Ecrits (1). Quelques particularités extraordinaires, dans ſa conformation, la rendent digne d'attention, aînſi que ſa rareté: je ne l'ai vue que deux fois; je l'ai rencontrée, deux années de ſuite, dans un jardin ſitué au ſud-eſt, ſur la montagne de Fourrières, au mois de Juillet, le ſoir après le

(1) Depuis que ceci eſt écrit, au commencement d'Octobre, j'ai eu occaſion de voir M. *Deſauſſure*, Profeſſeur de Phyſique à Genève, de lui montrer cette Mouche, & de lui communiquer une partie de mes Obſervations. Il m'a dit que, ſuivant un deſſin qu'un de ſes Amis lui a envoyé de la Suiſſe, le même Inſecte y a été trouvé depuis peu.

coucher du Soleil, toujours fixée tranquillement contre la tige d'une plante.

C'eſt une mouche femelle à quatre ailes nues. Sa grandeur & ſes couleurs pourroient la faire prendre, au premier coup-d'œil, pour une *guêpe ;* mais ſon allure eſt plus lente; elle en diffère d'ailleurs eſſentiellement, comme on le verra. Je n'ai pas encore pu découvrir le mâle.

Le fond de la mouche eſt noir, avec des taches d'un beau jaune citron. Ces couleurs, examinées à la loupe, préſentent une ſurface chagrinée, brillante, ſemée de quelques poils gris & courts, qui ſont en plus grand nombre à l'extrémité de l'abdomen ; on ne les aperçoit pas avec les yeux.

La longueur totale de la mouche eſt de ſept lignes.

La tête, naturellement inclinée ſous le corcelet, eſt noire & triangulaire (*voy. fig.* 1, *lettre a*); elle porte, ſur les côtés, deux gros yeux convexes, d'un brun luiſant, chagrinés très-finement; & en haut, ſur le derrière, trois autres petits yeux noirs, brillans, diſpoſés en triangle. (*Voy. fig.* 3, *lettre a*).

Les antennes ſont cylindriques, mais un peu renflées vers leur extrémité, & briſées en deux portions inégales (*voy. fig.* 3, *lettre b*). La première articulation très-courte, d'une demi-ligne environ, ſe relève entre la tête, & s'emboîte entre deux petites éminences jaunes, au milieu du front. Les grandes articulations, compoſées de dix anneaux, ſont alors en avant, dans la poſition des antennes d'un *ſphinx* (*voy. fig.* 1 & 2, *lettre b*); elles ont deux lignes de long. Les petites articulations ſont noires par-derriere, & jaunes par-devant; les grandes toutes noires.

La bouche ſimple, armée de mâchoires latérales, dures;

courtes & noires, porte ſur les côtés, quatre *antenules* filiformes *(voy. fig. 2, lettre a).*

Le corcelet d'un noir chagriné, relevé en boſſe, eſt très-gros, proportionnellement au reſte du corps *(voyez fig. 1 & 2, lettre c)*; quoiqu'il paroiſſe ſolide, il eſt compoſé de trois pièces raſſemblées. Sur la première, qui touche à la tête, on voit deux lignes jaunes, parallèles, qui, par leur réunion ſur les côtés, forment une ſorte de parallélogramme. La pièce du milieu porte, ſur ſa convexité, deux points jaunes, & de chaque côté, au-deſſus de l'inſertion des ailes, une pareille tache triangulaire, une autre tache jaune, en forme de cœur évaſé, occupe une petite éminence irrégulière, faiſant partie de la troiſième pièce qui appuie contre l'abdomen.

Les quatre *ailes* partent du corcelet, elles ſont planes, nerveuſes, brunes. Vues à la loupe, leur ſurface paroit ſemée de petits points ſymmétriquement rangés, les ailes ſupérieures ſont plus longues que l'abdomen, les inférieures plus petites, & d'un brun moins foncé.

Les ſix *pattes* tiennent également au corcelet; les deux premières placées latéralement près de la tête, les deux ſuivantes en-deſſous. Ces quatre pattes ſont ſimples *(voyez fig. 1 & 2, lettre d)*; leurs *cuiſſes* portent une tache noire; tout le reſte eſt d'un jaune clair, ainſi que la *jambe*. Les *tarſes*, d'un jaune fauve, ſont compoſés de cinq articles.

Les deux pattes poſtérieures ſont remarquables par leur conformation *(voy. fig. 1 & 2, lettre e)*; leurs cuiſſes ne ſont pas immédiatement adhérentes au corcelet; elles ſont précédées de deux articulations qui partent de l'inſertion des ailes, & qui ſont très-fortes, noires, avec une tache jaune. Ces deux corps irréguliers ont chacun une ligne & demie de lon-

gueur. Le premier tient au corcelet, & embraſſe le ſecond qui ſe termine par un filet, auquel la cuiſſe s'attache.

Cette cuiſſe très-courte, eſt remarquable par ſa forme ovale, convexe, en manière de bouclier, dont le bord inférieur eſt armé de cinq dents, qui ſont noires, écailleuſes & pointues. La cuiſſe eſt jaune, avec une grande tache noire. La jambe, pour s'adapter à la forme de la cuiſſe, eſt elle-même courbée, de manière qu'elle l'embraſſe circulairement lorſqu'elle s'y rejoint.

L'ABDOMEN, qui comprend le *dos*, en-deſſus, & le ventre en deſſous, préſente d'autres ſingularités. Sa longueur eſt de quatre lignes & demie; ſa hauteur de trois; ſa plus grande largeur de deux. Il eſt, comme le corcelet, d'une ſubſtance corneuſe, dont la conſiſtance peut être comparée à celle des élitres des ſcarabés. Sa ſurface eſt chagrinée; ſa couleur, d'un beau noir, coupée de chaque côté par quatre bandes jaunes, d'inégales longueurs, les plus courtes placées auprès du corcelet.

La forme de l'abdomen peut être comparée à celle ſous laquelle on peint une larme. C'eſt un ovale, preſque aigu à une extrémité, & de l'autre très-obtus. Le côté pointu adhère au corcelet, par un pédicule court à peine viſible.

Si l'on conſidère la partie poſtérieure de l'abdomen, vue de face (*voy. fig. 3*), l'ovale paroît applati des côtés, & reſſerré en-deſſous. On n'apperçoit point *d'anus* à la place qu'il occupe dans la plupart des inſectes. Un *aiguillon* noir, corneux, preſque cylindrique, marqué d'une ligne longitudinale, paroît à l'œil venir de deſſous le ventre, l'accompagner dans ſa courbure par le milieu, & ſe diriger ſur l'abdomen comme une queue (*voy. fig* 1, *lettre f, & fig.* 3, *lettre c*), de la manière à-peu-près que certains quadrupèdes portent quelquefois la leur, c'eſt-à-dire, preſque parallèle à la partie ſupérieure du dos, un peu relevée néanmoins, & formant, à

à sa naissance, un angle aigu. Cette portion extérieure de l'aiguillon a trois lignes de longueur; elle est, à peu de chose près, aussi longue que l'abdomen.

L'aiguillon est doué de quelque mouvement; mais on ne sauroit, même dans l'animal vivant, le dresser à angle droit sur l'extrémité de l'abdomen, encore moins le ramener à la direction du corps.

Voilà les objets tels qu'ils se présentent au premier coup-d'œil; avec le secours de la loupe, on en découvre de nouveaux. Si l'on observe l'abdomen, vu par sa partie latérale, la courbure de son extrémité postérieure, n'est pas aussi simple qu'elle le paroît de face (*voy. fig.* 1, *lettre g*). On apperçoit à l'extrémité du dos, au-dessus de la place que l'anus devroit occuper, une petite éminence terminée en forme de bec pointu, de la couleur & de la consistance de la corne. L'aiguillon semble sortir de ce point, qui cependant ne lui sert que d'appui; on verra que son origine est intérieure.

En continuant d'examiner l'abdomen latéralement, on reconnoît qu'indépendamment des quatre bandes jaunes dont j'ai parlé, il est divisé transversalement par des lignes noires, luisantes, mais peu sensibles, & quatre anneaux de largeurs inégales, qui s'articulent les uns dans les autres. Lorsque la mouche est morte, ces anneaux sont immobiles; mais, dans l'insecte vivant, une des articulations a la faculté de s'ouvrir; c'est la première du côté du corcelet (*voy. fig.* 4, *lettre a*). A la volonté de l'insecte, elle se déboîte par le haut, & la partie inférieure fait la fonction de charnière, de cette manière la mouche plie l'abdomen en-dessous; elle le relève ensuite, ce qui communique à l'aiguillon un mouvement différent de celui qui lui est propre, & dont je parlerai.

Lorsque le ventre est baissé & l'articulation déboîtée en-dessus, la partie entr'ouverte présente une petite cavité, dans

l'intérieur de laquelle, & vers le centre, on apperçoit, avec la loupe, un petit bouton rougeâtre, charnu, doué d'un mouvement de contraction & de dilatation (*voyez fig.* 4, *lettre b*).

En procédant à cet examen, j'avois piqué la mouche au travers du corcelet, avec une épingle, afin de la tenir fixée. Elle agitoit de diverſes manières ſa tête, ſes antennes, ſa bouche, ſes pattes, faiſant effort pour ſe débarraſſer. Lorſque je tournai en face de moi la partie poſtérieure de l'abdomen qui, depuis l'articulation entr'ouverte, m'avoit paru un corps ſolide en tout ſens, je fus ſurpris de reconnoître que cette portion étoit auſſi en mouvement, mais dans une direction oppoſée. Je vis (*fig.* 4, *lettre c*), que cette partie poſtérieure de l'abdomen étoit fendue verticalement par le milieu, ſur ſa courbure, même en-deſſous, & comme diviſée en deux lames ou corps convexes à l'extérieur, applatis en-dedans, qui s'entr'ouvroient de droite & de gauche, & ſe refermoient continuellement par un mouvement latéral, tel que ſeroit celui d'un ſoufflet couché ſur le côté; de manière néanmoins que la fente réſultant de l'ouverture, étoit plus large en bas que vers le dos.

En obſervant ce mécaniſme avec une forte loupe, je reconnus auſſi que l'aiguillon, qui m'avoit paru ſimple, étoit triple, comme celui de quelques autres mouches à quatre ailes; qu'il étoit compoſé d'un aiguillon véritable, & de deux demi-fourreaux plus longs que lui, ſillonnés intérieurement pour lui ſervir d'étui (*voyez fig.* 2, *lettre f*).

Ces fourreaux prennent naiſſance ſur le haut de la partie poſtérieure de l'abdomen, qui eſt fendue, ils ſont appuyés, à leur origine, ſur le petit bec alongé que j'ai décrit; ils ſont écailleux, flexibles, mais immobiles par eux-mêmes, de ſorte qu'ils participent ſeulement du mouvement de l'abdomen lorſqu'il ſe plie & ſe redreſſe, ou de celui de ſes deux portions

latérales lorſqu'elles s'entr'ouvent. Dans le premier cas, ils ne ſe ſéparent point de l'aiguillon vrai; dans le ſecond, ils s'en détachent, & s'y rejoignent alternativement, en s'ouvrant & ſe refermant avec les lames de l'abdomen.

L'aiguillon vrai contenu entre les fourreaux partage, comme eux, le mouvement de l'abdomen lorſqu'il ſe hauſſe & ſe baiſſe; mais il en a d'autres qui lui ſont particuliers. L'un eſt un mouvement ſur lui-même, au moyen duquel il paroît, à ſa pointe, tantôt plus haut, tantôt plus bas que les demi-fourreaux, quittant, & reprenant leur direction. L'autre eſt un mouvement en avant & en arrière, au moyen duquel il ſort de ſon étui & y rentre. Lorſque les portions latérales de l'abdomen s'entr'ouvent & ſe referment, comme on l'a expliqué, l'aiguillon s'alonge & ſe raccourcit, c'eſt-à-dire, que relativement à ſa poſition il s'approche ou s'éloigne du corcelet, ce qui ne peut ſe faire qu'en ſuppoſant un reſſort interne, qui n'eſt autre choſe que la baſe de ce même aiguillon, prolongée dans l'intérieur, & roulée en ſpirale élaſtique.

Cette eſpèce de reſſort eſt connu dans l'hiſtoire des mouches à quatre ailes; il forme le caractère d'un des genres de M. *Wen Linné;* M. *Geoffroi* l'admet dans pluſieurs eſpèces; M. *de Réaumur* eſt le premier qui l'a obſervé, décrit & fait deſſiner (1). « L'aiguillon de ces mouches, dit-il, après être » entré dans le corps, ſe courbe pour ſuivre la convexité du » ventre, il va ainſi auprès du corcelet; là, en continuant de » ſe courber, ou même en ſe courbant davantage, il retourne » ſur ſes pas, il revient du côté du derrière, en ſe tenant au- » deſſous de la ligne qui marque la longueur de la partie » ſupérieure du corps; il va ainſi juſqu'auprès de l'anus; c'eſt » là qu'il ſe termine & qu'eſt ſon attache. Ce bout de l'ai-

(1) Mémoire pour ſervir à l'Hiſtoire des Inſectes, *Tome III, pag.* 485, *Pl.* 46, *Fig. IX*, & *Pl.* 33, *Fig. VI & VII.*

guillon,

» guillon, qui en doit être regardé comme la baſe, eſt donc » fixé dans le corps preſque vis-à-vis & au-deſſus de l'en- » droit où eſt l'autre bout du même aiguillon, où eſt ſa » pointe, &c. »

Ce mécaniſme a beaucoup de rapport à celui de la langue du *pic-vert*; quoiqu'aſſez courte en apparence, elle s'alonge à la volonté de l'oiſeau fort au-delà de ſon bec, pour aller chercher ſa proie, parce que la baſe, qui lui tient lieu d'os yoïde, eſt une lame oſſeuſe, roulée comme un reſſort de montre, qui a la faculté de ſe dérouler & de prolonger la langue hors du bec.

Si j'avois pu me procurer pluſieurs mouches ſemblables à celle que je décris, j'aurois ouvert l'abdomen pour m'aſſurer, par moi-même, de cette organiſation intérieure; mais, par analogie, on doit néceſſairement la reconnoître pour conforme à la deſcription de M. *de Réaumur*, ſans quoi le jeu de l'aiguillon, dont j'ai parlé, ne pourroit avoir lieu. Étant d'une conſiſtance de corne, il eſt évident qu'il ne peut s'alonger ſur le dos que par un prolongement intérieur & le déroulement de ſa baſe.

Après la mort de la mouche, j'ai entr'ouvert les demi-fourreaux avec la pointe d'une épingle, l'aiguillon véritable s'en eſt dégagé & s'eſt un peu relevé (*voy. fig. 2, lettre f*); je l'ai examiné alors plus exactement avec la loupe; il m'a paru noir, à demi-cylindrique, un peu applati latéralement, ſurtout vers la pointe, qui eſt aigue, recourbée en-deſſous, & d'une couleur plus claire. La portion applatie repréſente un couteau, dont le tranchant eſt dentelé, mais ſi légèrement que la plus forte lentille peut à peine faire découvrir ſes dents.

M. *de Réaumur* (1), en obſervant l'aiguillon d'une mouche analogue à la nôtre, quoiqu'infiniment plus petite, prétend

(1) Ibid. *pag.* 489.

que cette extrémité dentelée que la loupe fait appercevoir; & qu'il nomme *tarriere*, eſt elle-même l'étui d'un autre aiguillon extrêmement fin, & qu'il a vu cet aiguillon délié ſortir de la tarriere, & y rentrer; ne ſeroit-ce point l'effet apperçu du véritable aiguillon entre ſes demi-fourreaux? Ce qu'il y a de certain, c'eſt que je n'ai pu rien découvrir de ſemblable à l'aiguillon de notre mouche: ſon extrémité paroît ſolide; mais on doit ſe méfier de ſes yeux, lorſqu'on voit différemment de ce prodigieux Obſervateur; d'ailleurs ce peut être une particularité de la mouche de l'*églantier*, dont il parle, malgré tous les rapports que je lui crois, en petit, avec celle qui fait l'objet de nos recherches.

Pour terminer la deſcription de ſes parties intérieures, j'ajouterai qu'en la renverſant, il s'en préſente encore une ſingulière. Nous avons vu que, dans l'état de tranquillité, le deſſous du ventre (*voy. fig.* 1, *lettre h*), paroît noir, corneux, applati des côtés, aigu par le milieu, conformé de manière qu'on diroit que la partie inférieure de l'aiguillon vient, en ſe repliant, ſe prolonger ſous le ventre, juſqu'auprès du corcelet; mais une plus exacte obſervation nous a fait voir que l'aiguillon ſortoit de l'abdomen au-deſſus de ſa courbure poſtérieure; elle découvre auſſi que la portion aigue du ventre, eſt un corps très-diſtinct de l'aiguillon.

Si l'on inquiète la mouche, elle fait mouvoir ce corps, qui eſt une petite écaille en forme de carène, longue, étroite, attachée auprès du corcelet, terminée en pointe à l'autre extrémité (*voy. fig.* 2, *lettre g*). L'écaille ſe ſoulève de ce côté, & ſe replace en s'adaptant au ventre, & l'embraſſant en partie. Je l'ai fait agir pluſieurs fois avec la pointe d'une épingle, mais on ne peut la ſoulever que d'une ligne environ; de ſorte qu'il n'eſt pas poſſible de bien voir les parties qu'elle recouvre.

Quoi qu'il en ſoit, la mouche que je viens de décrire préſente des particularités dans l'organiſation des inſectes; elles

peuvent donner lieu à plusieurs observations: je ne hasarderai que quelques conjectures, 1.° sur l'usage des parties extraordinaires qui la distinguent; 2.° sur le genre qu'il convient de lui assigner.

La tête, les antennes, la bouche, le corcelet, les ailes, les quatre pattes de devant n'ont rien de singulier; mais les cuisses postérieures en forme de bouclier dentelé, d'une grosseur démesurée, sont très-remarquables, ainsi que les deux corps, au moyen desquels elles s'attachent au corcelet. Il n'est pas aisé d'imaginer de quel usage elles peuvent être; elles ont l'air d'embarrasser l'insecte; par leur position, elles ne peuvent lui fournir une défense; placées aux pattes de derrière, il ne sauroit s'en servir à saisir sa proie; il ne s'en sert pas non plus pour sauter, quoique les cuisses renflées annoncent cette faculté dans plusieurs insectes. On peut présumer qu'elles lui sont utiles pour se cramponner lors d'une opération dont nous parlerons bientôt.

Au reste, cette conformation n'est pas unique chez les mouches à quatre ailes. M. *Wen Linné* décrit à-peu-près de même celle de l'*ichneumon ruspastor.... femoribus clavatis posticis dentatis* (1); &, suivant la description que M. *Geoffroi* donne *de sa guêpe déginguendée*, ses cuisses postérieures paroissent absolument semblables (2).

A l'égard de l'abdomen, la première observation qui se présente est que, vu sa conformation & la position de l'aiguillon, l'anus & les parties de la génération n'occupent pas leur place ordinaire, & qu'il faut les chercher ailleurs. Je ne crois pas qu'ils soient ici rapprochés, comme ils le sont dans les autres insectes. Suivant l'ordre commun, l'anus seroit à la naissance de l'aiguillon sur le petit bec écailleux, qui

(1) Syst. nat. Edition de 1767, *pag.* 937.

(2) Histoire des Insectes des environs de Paris, *Tom. II, pag.* 380. *Guêpe*, N.° 16, celle du N.° 15 a le même caractère.

lui ſert d'appui; mais, ici, les excrémens tomberoient ſur le dos de la mouche, à moins qu'elle ne ſe plaçât la tête en bas : auſſi ne voit-on là aucune apparence de cet organe, & je ſoupçonne qu'il eſt placé ſous l'écaille naviculaire, ce qui ſuppoſe à l'inteſtin une diſpoſition particulière.

Je crois, avec encore plus de vraiſemblance, que le ſexe eſt logé ſous le premier anneau du dos. J'ai fait obſerver que lorſque l'articulation s'entr'ouvroit, on voyoit, dans l'intérieur, une petite cavité, & au centre un petit corps charnu, rougeâtre qui ſe dilatoit & ſe contractoit : c'eſt-là ce qui me paroît être la partie du ſexe, & le lieu de la fécondation. J'ai été conduit à cette conjecture en appercevant ſur les bords de la cavité un petit corps rond, brun, gluant, qui avoit toute l'apparence d'un œuf de mouche. Ce déplacement, dans les parties de la génération, n'a rien d'étonnant parmi les inſectes; pour ſe borner à un exemple, celui de la *Demoiſelle (Libellula)* eſt auſſi extraordinaire (1).

D'ailleurs, ſi l'on conſidère l'uſage des aiguillons triples dans les mouches à quatre ailes qui en ſont pourvues, & la poſition particulière de celui dont il eſt ici queſtion, on reconnoîtra que la partie du ſexe ne pourroit guères occuper une autre place.

Le triple aiguillon n'eſt pas deſtiné à ſervir d'arme offenſive, c'eſt une tarrière propre à ouvrir une entaille dans une écorce ou une feuille pour y dépoſer les œufs. Une cannelure pratiquée ſur ſa longueur, fait l'office d'un canal, par lequel l'œuf coule dans le trou où il eſt introduit par la pointe de la tarrière; voilà le mécaniſme ordinaire, lorſque l'aiguillon eſt droit & ſur la même ligne que le corps; mais cette opération devient impoſſible pour notre mouche, dont l'aiguillon replié, pour ainſi dire, s'étend ſur le dos, de manière que ſa

(1) *Voy.* Inſ. Réaumur, *Tom. VI, pag.* 421.

pointe regarde la tête, & que, par le mouvement qui lui eſt propre, il s'en rapproche & s'en éloigne.

Pour ſe repréſenter la mouche travaillant à pratiquer un logement à ſes œufs, il faut la ſuppoſer placée à l'inſertion d'une feuille, à la bifurcation d'une petite branche, cramponnée contre la plante, opérant derrière elle de bas en haut, & ouvrant dans l'écorce un trou à-peu-près vis-à-vis de ſon corcelet. Si la partie du ſexe étoit à l'extrémité de l'abdomen ou ſous le ventre, on conçoit que l'œuf à ſa ſortie tomberoit ſans que l'aiguillon pût le diriger dans l'entaille, ou bien il faudroit encore ſuppoſer que l'inſecte, dans cette opération, ſe tient renverſé, la tête regardant la terre; &, dans cette ſuppoſition, je ne vois pas comment l'inſecte introduiroit ſon œuf avec ſûreté.

La Nature a pourvu à tout, ſi, comme je le penſe, elle a placé le ſexe préciſément vers la pointe de l'aiguillon, & non à ſon origine; elle a recouvert l'œuf d'une humeur gluante, afin qu'il pût s'attacher à cette pointe par un ſimple contact; de ſorte que, lorſque la mouche a fait ſon entaille à l'écorce, elle entr'ouvre l'anneau de ſon dos, ſous lequel eſt la partie du ſexe; elle dirige la pointe de l'aiguillon auprès de l'œuf qu'elle vient de pondre; il s'y attache, l'articulation ſe referme, & par le même mouvement, combiné avec le mouvement particulier par lequel l'aiguillon s'alonge, l'œuf eſt introduit & logé dans l'écorce ou dans la feuille deſtinée à devenir le berceau & la nourrice du ver qui en éclora.

Dans toutes ces opérations, il faut admettre le jeu de la ſpirale élaſtique, formée par le prolongement intérieur de l'aiguillon; c'eſt le mécaniſme qui le fait avancer & reculer, en même temps les fourreaux l'embraſſent, le dirigent & aſſurent la préciſion de ſes mouvemens, en s'ouvrant & ſe refermant, par une ſuite néceſſaire du mouvement latéral des lames de l'abdomen, tandis que l'écaille naviculaire pla-

cée ſous le ventre, ſoutient auſſi la baſe de l'aiguillon & le fortifie.

Si les choſes ſont ainſi, comme il y a tout lieu de le croire, on ne peut ſe refuſer à admirer tant de merveilles dans l'organiſation d'un petit individu ! Quelles variétés dans la marche de la Nature? que de reſſources dans ſes moyens pour arriver au même but par des voix toujours nouvelles & toujours sûres?

Il reſte à examiner quel rang notre mouche doit occuper parmi les inſectes; s'il convient d'en former un nouveau genre, ou de la placer dans un genre connu. Cet examen n'exigera pas une longue diſcuſſion.

Le nombre & la nature de ſes ailes la fixent dans la claſſe des *hyménopteres* de M. *Linné*, qui ſont les inſectes *à quatre ailes nues* de M. *Geoffroi*, & les cinq articles de ſes tarces dans la troiſième diviſion. L'habitude générale la rapproche des genres du *frélon*, *de l'urocere*, *de la mouche à ſcie*, *du cinips*, *du diplolepe*, *de l'ichneumon*, *de la guêpe & de l'abeille*. Sans parcourir les différences ſenſibles qui la diſtinguent de la plupart de ces genres, il ſuffit de dire que ſon triple aiguillon ne laiſſe d'incertitude qu'entre les *ichneumons* & les *cinips*, ſi l'on ne ſe détermine pas à conſtituer un nouveau genre. Or ſes vrais caractères génériques nous paroiſſent eſſentiellement appartenir au *cinips*, ſoit que l'on s'arrête à celui que M. *Linné* lui aſſigne, ſoit qu'on s'attache à ceux que M. *Geoffroi* a développés. Les antennes, la briſure qui les diſtingue, la forme entière de la tête s'accordent tellement, à la grandeur près, avec la deſcription & la figure gravée de M. *Geoffroi* (1), que cette figure repréſentant un *cinips* connu, prodigieuſement groſſi au microſcope, paroît être celle de la tête, & des yeux & des antennes de notre mouche dans leur groſſeur naturelle.

(1) Inſectes, Paris, *Tom. II*, Pl. 15, *Fig.* b & c.

Le ventre préſente à-peu-près la même conformité. Le même Auteur le décrit preſque ovale, applati des côtés, aigu en-deſſous, attaché au corcelet par un pédicule court.

L'aiguillon, qui fournit un caractère encore plus eſſentiel, offre autant de rapports. M. *Linné* l'appelle *aculeus ſpiralis* (1). M. *Geoffroi* veut qu'il ſoit conique, entre deux lames du ventre; il ajoute (2) que le ventre eſt aigu en-deſſous, & que c'eſt dans cette eſpèce de tranchant que l'aiguillon ſe trouve caché entre les deux lames, dont la réunion forme la crête aigue du deſſus du ventre. Dans notre inſecte, le ventre eſt aigu, mais les deux lames entre leſquelles ſort l'aiguillon ne ſont pas ſous le ventre; c'eſt l'abdomen lui-même diviſé à ſon extrémité en deux portions qui repréſente ces lames, entre leſquelles l'aiguillon ſort ſur le dos. Toute la différence eſt donc dans la poſition des parties. L'organiſation eſt à-peu-près la même; car nous avons obſervé que le jeu de l'aiguillon annonçoit néceſſairement la ſpirale intérieure exigée par M. *Linné*.

S'il y avoit quelque différence réelle, ce ſeroit, 1.° dans la forme des fourreaux, qui eſt moins conique qu'imitant un cylindre un peu applati; 2.° dans la pointe de l'aiguillon, qui m'a paru faite comme un couteau à pointe recourbée, dont le tranchant eſt finement dentelé, ce qui ne s'accorde pas entièrement avec la deſcription de l'aiguillon du *cinips*, qui, ſelon M. *Geoffroi*, eſt creuſé comme une tarrière, & garni de dents ſur les côtés.

Nous devons ajouter que, dans la deſcription du *cinips*, cet habile Obſervateur ne fait point mention de l'écaille mobile que notre mouche porte ſous le ventre. Ou la petiteſſe des eſpèces qu'il a examinées lui a fait échapper ce corps, ou notre mouche en ſeroit ſeule pourvue comme d'un organe néceſſaire

(2) Syſt. Nat. *pag.* 917.

(3) Inſ. Paris, *Tome II*, *pag.* 290.

à la diſpoſition de ſes autres parties ; mais j'ai cru le reconnoître dans pluſieurs *cinips*, du nombre de ceux dont l'aiguillon eſt extérieur. Il paroît que, quoique ſous une forme un peu différente, ce corps a beaucoup d'analogie avec celui que M. de *Réaumur* nomme *chaperon écailleux*, dont la mouche du *bedeguar du roſſier* (1), & qu'on le retrouve auſſi dans la mouche d'une galle, qui vient ſur la racine du *chêne* (2); je ſuis même très-porté à le regarder comme une pièce eſſentielle à l'action des aiguillons, dont la baſe eſt roulée en ſpirale dans l'intérieur du corps de la mouche.

Quoi qu'il en ſoit, ſi l'écaille naviculaire mobile étoit particulière à notre mouche, peut-être ſeroit-on fondé à établir un nouveau genre qu'on déſigneroit par ce caractère, ainſi que par les fourreaux cylindriques, par l'aiguillon ſimplement dentelé, & par leur poſition ſur le dos (la cuiſſe en bouclier ne peut fournir qu'un caractère ſpécifique); mais en appréciant ces différences, elles nous paroiſſent trop peu eſſentielles. La tête, les antennes, l'aiguillon même ont trop de rapports à ceux du *cinips* pour ne pas placer notre mouche dans ce genre & dans la première famille de M. *Geoffroi*. Elle y convient encore plus préciſément, ſi l'on s'en tient au caractère aſſigné par M. *Linné*; je remarque que la dernière eſpèce décrite dans le *Syſtême de la Nature* ſous le nom de *cinips inanita*, porte un aiguillon recourbé en-deſſus, *aculeus exſertus, rigidus, recurvatus*, &c. (3).

Je n'héſite donc pas à regarder notre inſecte comme un *cinips*. Sa lenteur, ſon peu de vivacité fourniſſent encore un caractère ſecondaire, ainſi que le lieu où je l'ai trouvé. J'ai dit qu'il ſe poſoit le ſoir ſur des plantes, contre leſquelles il paroît immobile. Pluſieurs *cinips* font de même, dans l'in-

(1) Mém. Inſ. *Tom. III*, Pl. 46, *fig.* 5, lettre *f*.

(2) Ibid. *Planc.* 44, *Fig.* 9, lettre *e*.

(3) Syſt. nat. 1767, *pag.* 920.

tention

tention de loger leurs œufs dans l'épaiſſeur d'une écorce ou d'une feuille. On ſait que la piquure qu'ils font à la plante occaſionne une extravaſion de la ſéve qui enveloppe l'œuf, prend de la conſiſtance & forme bientôt ces galles, ces excroiſſances, ces renflemens qu'on rencontre, ſous diverſes formes, ſur le *roſier ſauvage*, le *chardon hémorrhoïdal*, le *panicaud*, les feuilles du *ſaule*, du *peuplier*, &c. L'œuf produit un ver, qui ſe nourrit du ſuc de la galle, prend ſon accroiſſement, ſe met en cryſalide, pour ſortir enſuite ſous la forme d'une mouche.

Si la nôtre n'a pas les riches couleurs dont ſont parés la plupart des *cinips*, qui ſont brillans & dorés, elle en eſt dédommagée par ſa groſſeur, qui paroît prodigieuſe lorſqu'on la compare à celle des eſpèces connues. Pour juger de leur petiteſſe, il ſuffit de ſavoir que quelques-uns, au lieu de choiſir une plante pour pondre leurs œufs dans ſon écorce, les dépoſent dans des œufs même de *papillons*. Le ver, qui ſort de l'œuf du *cinips*, ſe nourrit de la ſubſtance de l'œuf du *papillon*, ſe met dans l'intérieur en cryſalide, & en ſort en forme de mouche, ſous ſa grandeur naturelle. D'autres introduiſent leurs œufs dans le corps d'un *puceron*, inſecte extrêmement petit; & ce qu'il y a de particulier, c'eſt que ſouvent le *puceron* eſt déjà mort d'une autre piquure d'une très-petite mouche *ichneumon*, qui avoit précédemment introduit ſon œuf dans ſon corps. Le ver de l'*ichneumon* eſt en cryſalide lorſque le *cinips* perce le cadavre du *puceron*. Celui du *cinips* éclos ſe nourrit de la cryſalide de l'*ichneumon*, qui eſt ſans défenſe. Cette ſcène tragique a lieu dans un bien petit eſpace. Le corps d'un *puceron*, ainſi que le théâtre du monde, offre à l'Obſervateur le ſpectacle cruel de la raiſon du plus fort.

Pour terminer la comparaiſon de notre mouche avec les *cinips* ordinaires, j'ajouterai que les plus grands qu'on ait obſervés juſqu'à ce jour n'ont guères plus d'une ligne & demie, & la plupart un tiers ou une moitié de ligne au plus. Nous avons vu que notre mouche avoit ſept lignes de long;

ce ſera donc un géant dans une famille de nains. Je préſume, par analogie, qu'elle eſt du nombre des *cinips*, qui occaſionnent des galles ſur les plantes; mais ſi ſa galle eſt proportionnée à ſa grandeur, il eſt étonnant qu'elle ſoit reſtée auſſi long-tems inconnue.

Ce nouveau *cinips* peut être appelé CINIPS A CUISSE POSTÉRIEURE TRÈS-GROSSE ET A QUEUE RECOURBÉE SUR LE DOS. *Cinips (lugdunæa) nigra, maculis luteis notata, femoribus poſticis, globoſis, margine inferiori dentatis, aculeo triplici ſuper abdomen recurrato.*

Explication des Figures.

Fig. I. La nouvelle eſpèce de *cinips*, un peu plus groſſe que nature, vue de côté, pour faire obſerver principalement la forme du corcelet, *lettre c.* La cuiſſe & la jambe poſtérieures, *lettre e*, l'aiguillon dans ſon état ordinaire, *lettre f*, le petit bec écailleux, *lettre g.*

Fig. II. Le même *cinips*, vu de côté, pour montrer le véritable aiguillon, ſéparé des deux demi-fourreaux qui l'accompagnent, *lettre f.* L'écaille naviculaire placée ſous l'abdomen lorſqu'elle s'entr'ouve, *lettre g*, les pattes de devant, *lettre d.*

Fig. III. Le même vu, du côté du dos, pour découvrir les trois petits yeux, *lettre a.* La briſure des antennes, *lettre b*, & la poſition de l'aiguillon en ce ſens, *lettre c.*

Fig. IV. Le même vu du côté du dos, mais plus renverſé en avant, pour faire appercevoir, 1.° la première articulation de l'abdomen entr'ouverte tranſverſalement, *lettre a*; 2.° le petit corps charnu qui paroît dans le centre de la cavité, *lettre b*; 3.° la fente verticale de l'abdomen, au moyen de laquelle il s'ouvre latéralement à la volonté de l'inſecte, *lettre c.*

Fig. V. Grandeur naturelle de l'inſecte meſuré depuis le front juſqu'à l'extrémité de l'abdomen, non compriſe la longueur des antennes.

Fig. 2.

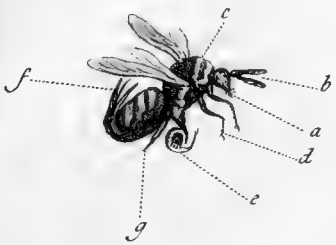


Fig. 1.

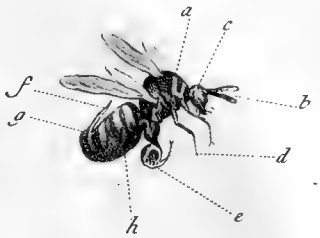


Fig. 4.

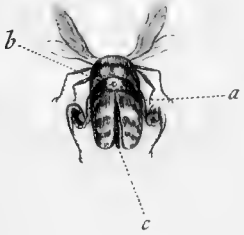


Fig. 3.

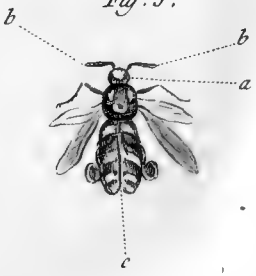
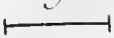


Fig. 5.



RECHERCHES
ET
OBSERVATIONS
SUR DES OS FOSSILES
Trouvés en Dauphiné dans une Terre de M. de Valernod, en 1762.

Par M. de la TOURETTE.

Préſenté le 18 Décembre 1771.

L'étude des Foſſiles eſt d'autant plus intéreſſante, qu'elle ſeule peut manifeſter la véritable théorie de la terre. Le Naturaliſte, qui chercheroit à dévoiler ce myſtère, ſans avoir une juſte idée de tous les corps qu'elle renferme, ſeroit dans le cas de celui qui voudroit compoſer un Traité de Phyſiologie, & qui ne connoîtroit que quelques parties du corps humain.

Un ſeul fait imprévu, une ſeule obſervation, ſuffit pour détruire le ſyſtême le plus ingénieux, comme une ſeule pierre déplacée, fait écrouler la voûte la plus ſolide. Rien n'eſt à dédaigner dans la Nature, lorſqu'on veut découvrir le ſecret de ſes opérations. Elle a imprimé à chaque être un caractère particulier qui le ſpécifie, & des caractères généraux qui l'aſſimilent & l'enchaînent à d'autres êtres, qui ſont eux-mêmes liés entr'eux par des rapports multipliés. On voit par-là combien il importe, avant de la conſidérer en grand, de l'étudier dans l'immenſité de ſes détails.

L'examen d'une pierre, qui paroît peut-être une occupa-

tion minutieuſe, a donc lui-même un grand objet. La forme de cette pierre, ſon organiſation, les ſubſtances qui la compoſent, le lieu où elle a été trouvée, celui où elle a pris naiſſance, ſon origine, ſon développement: toutes ces choſes doivent être connues, parce qu'ayant chacune une relation particuliere & des rapports généraux à la théorie univerſelle de la terre, on ne peut en déterminer le ſyſtême, qu'après les avoir trouvés unanimement d'accord avec la théorie qu'on veut adopter.

Sous ce point-de-vue, ſommes-nous arrivés au temps de bâtir des hypothèſes? qu'on en juge par le nombre des découvertes que la ſcience ou le haſard produiſent, chaque jour, en ce genre: cherchons donc, ſans prétentions, à groſſir le tréſor des obſervations.

Les Antiquaires conſtatent les faits hiſtoriques par des fragmens de bronzes rouillés; les foſſiles ſont les médailles de la Nature, ils développeront peu-à-peu ſon hiſtoire; ce ſont des témoins anciens & irréprochables qu'il faut entendre pour s'aſſurer de la vérité.

Avant de chercher à déterminer la nature de ceux que M. de Valernod a trouvés dans une de ſes Terres, je dois analyſer les judicieuſes obſervations qu'il m'a fait l'honneur de m'adreſſer; elles ont ſervi de réponſes aux queſtions que j'avois propoſées ſur le lieu & ſur les circonſtances de cette découverte.

Les Foſſiles dont il s'agit, ont été trouvés, en 1762, dans la Paroiſſe de *Saint-Valier* en Dauphiné, à 31 toiſes au Midi du Château *des Rioux*, à un demi-quart de lieue du Rhône, dans un ſol qui peut avoir environ 80 pieds d'élévation au-deſſus du lit de ce Fleuve, & 36 au-deſſus du ſol du Château. Une roche griſe, vitrifiable, & en grandes maſſes, ſe rencontre à 15 ou 16 pieds de la ſurface, elle eſt recouverte de deux couches bien diſtinctes; la ſupérieure a près de ſix pieds d'épaiſſeur, & n'eſt autre choſe qu'un terreau

ſablonneux & léger ; la couche inférieure, dont la profondeur eſt de 10 à 11 pieds, eſt une terre ſeche, graveleuſe, mêlée de cailloux & de morceaux détachés du même rocher ſur lequel elle repoſe.

C'eſt dans l'épaiſſeur de cette couche, à 9 pieds environ de la ſurface, que les foſſiles ont été trouvés. En fouillant la terre, à la diſtance de cinq toiſes du même lieu, on voit des indices de quelque ancien fourneau de Fonderie ou de Verrerie ; on en juge par la couleur des pierres & par la nature de quelques matieres, parmi leſquelles on ne trouve cependant ni briques, ni vertes, ni ſcories ; cette derniere obſervation ne paroît avoir aucun rapport avec les corps découverts.

Ils ſont au nombre de ſix ou ſept, quelques-uns paroiſſent être des fragmens d'os cariés & terreux ; les autres ſont tous d'une même ſubſtance & d'une organiſation ſemblable, la ſeule inſpection fait reconnoître des corps oſſeux, peu dénaturés, & ſoupçonner que ces corps ſont des dents ; les moins conſidérables ont, ſans doute, été détachés des plus gros, ou faiſoient partie de morceaux ſemblables.

Le plus gros eſt une maſſe longue & haute de ſix pouces dans ſes plus grandes dimenſions ; elle eſt compoſée de lames un peu courbées, appliquées les unes ſur les autres, creuſes dans leur intérieur ; elles ont près de trois pouces de largeur, elles ſe diviſent par le haut en deux parties diſtinctes & vont en ſe rétreciſſant circulairement, ſe terminer en cinq ou ſix eſpèces de racines pointues & fiſtuleuſes, ce qui paroît dans celles dont la pointe eſt briſée.

Les lames ne ſe touchent pas immédiatement, ſi ce n'eſt par les bords externes de leur partie ſupérieure ; une matiere différente de celle des lames, occupe les interſtices qu'elles laiſſent entr'elles & remplit leurs cavités internes.

Il eſt inutile d'entreprendre une deſcription plus détaillée ;

ces obſervations générales, & encore mieux la vue de l'objet, font reconnoître une dent molaire, altérée par divers accidens : on y retrouve ſa forme, ſa couronne & ſes racines. L'examen des ſubſtances qui la compoſent, confirme cette conjecture.

La partie extérieure, cette eſpèce de croûte qui forme les lames, n'eſt preſque pas dénaturée, elle eſt de nature oſſeuſe; expoſée au feu, elle ſe noircit, elle exhale une odeur forte, où l'on diſtingue la préſence des ſels volatils qui caractériſent toute ſubſtance animale, en un mot, l'odeur des os, de la corne & des dents brûlés.

Il ſuit de-là que ce corps n'eſt pas pétrifié quoiqu'il ait reçu quelques portions de ſucs lapidifiques, qui ont augmenté ſon poids ſans le décompoſer. La matiere blanchâtre, qui remplit les cavités des lames & les interſtices intermédiaires, eſt beaucoup plus dénaturée, auſſi a-t-elle conſervée moins de ſubſtance animale; expoſée au feu, elle ne donne que peu ou point d'odeur, ſa texture, ſa couleur, ſon poids, tout annonce qu'elle eſt abſolument ſemblable à la ſubſtance que les Minéralogiſtes ont appellée *Ivoire foſſile.*

L'*ivoire foſſile* a moins de conſiſtance que l'ivoire ordinaire : mais ſa conſiſtance varie, il en eſt de très-dur, il y en a de friable : on le trouve dans le ſein de la terre; lorſqu'il eſt parfaitement blanc & dur, il ſe travaille comme l'autre, ſouvent il eſt piqué de points gris ou noirs, qui lui donnent quelques reſſemblances avec ces arboriſations qu'on nomme *dentrites :* c'eſt l'effet des ſubſtances minérales ou bitumineuſes, qui ont pénétré ſes pores. Si l'on trempe l'ivoire foſſile dans l'eau, il la remplit de bulles d'air; il s'attache fortement à la langue comme les bols; il a le goût de la craie, ſa nature eſt à-peu-près ſemblable à celle des coquillages foſſiles, qu'on nomme *crétacés*, parce qu'ils ont perdu leurs couleurs, & qu'ils ont pris une conſiſtance qui les rapproche de la craie ou de la marne, avec cette différence, que les coquilles foſſiles

ſont une vive efferveſcence dans l'eſprit de nitre, qui n'en occaſionne qu'une très-foible ſur l'ivoire foſſile, il en enlève des pellicules, le jaunit, & agit ſur lui comme ſur les ſubſtances animales & principalement ſur les corps oſſeux.

Les os ſont calcaires, mais l'eſprit de nitre ne les diſſout pas, comme il diſſout le marbre & les autres pierres-à-chaux; il les attaque avec moins d'efferveſcence & plus de lenteur. M. de *Fougeroux*, dans ſon Mémoire ſur les os (1), en détermine la raiſon; il les regarde comme des tiſſus originairement cartilagineux, qui n'acquierent de la dureté qu'autant qu'il s'introduit dans les mailles dont ils ſont compoſés, une ſubſtance *crétacée*, qu'il appelle *tartre oſſeux*. Si l'on plonge un os dans l'eau ſeconde, la ſubſtance crétacée ſe diſſout, la cartilagineuſe réſiſte, & l'os n'eſt plus qu'un cartilage flexible, diviſé en pluſieurs lames. Cette belle expérience, bien obſervée, répand beaucoup de lumiere ſur la nature & ſur la formation des os.

Revenons à l'ivoire foſſile; ſon origine eſt bien connue: l'*ébur foſſile*, l'*unicornu foſſile*, eſt une partie de la dent canine de l'éléphant, improprement appellée ſa *corne*; c'eſt quelquefois une dent entière, qui a pluſieurs aunes de longueur. Sa forme extérieure, ſon organiſation interne, démontrent que c'eſt un véritable ivoire, altéré dans les entrailles de la terre, où il a perdu quelques-unes de ſes propriétés & où il en a acquis de nouvelles.

Mais la dent canine de l'éléphant, vulgairement appellée *corne*, n'eſt pas la ſeule dent de cet animal que l'on trouve

---

(1) *Voyez* les Mémoires ſur les Os de M. *Hériſſant*, Volumes de l'Académie, 17 . *Mémoire ſur les Os pour ſervir de réponſe aux Objections propoſées contre le Sentiment de M.* Duhamel, *avec les Mémoires de M.* Dehalles, *&c.* Paris, 1760.

Voyez *l'Extrait de ces Ouvrages, dans les Conſidérations ſur les Corps organiſés, par M.* Bonnet, *Tome I, pag.* 241 & ſuiv.

foſſile. Les Auteurs parlent auſſi de ſes dents molaires. *Morton*, dans l'Hiſtoire naturelle du Comté de Northampton, en a décrit une, quoique aſſez mal (1). *Wallerius* ſe contente de l'annoncer dans ſa Minéralogie (2), ſous le nom d'*ébur foſſile molare*, en ajoutant qu'il en eſt qui ont juſqu'à neuf pouces d'épaiſſeur, quelquefois moins, & qu'elles reſſemblent parfaitement aux dents molaires.

Il eſt évident que les foſſiles de M. de *Valernod* ſont de ce nombre; leur odeur, en les expoſant au feu, leur forme, l'action de l'eſprit-de-nitre ſur eux, la parfaite reſſemblance de la matière blanche qui remplit les cavités des lames, avec l'ivoire foſſile dont on connoît l'origine, tout cela m'a fait penſer, à la premiere inſpection, que c'étoit des fragmens de dents molaires d'éléphant. J'en ai été convaincu par la deſcription de la mâchoire & des dents d'éléphans, qu'on lit dans les anciens Mémoires de l'Académie des Sciences, (*Tom.* 3, *pag.* 3, *p.* 149.)

M. *Perrault*, le Rédacteur de ce Volume, après avoir décrit la dent canine, qu'il nomme la défenſe de l'animal, examine les autres parties de la mâchoire, & compte quatre dents molaires dans la mâchoire ſupérieure, & autant dans l'inférieure. Il diſtingue expreſſément les lames qui les diviſent intérieurement, de la manière dont je l'ai fait obſerver dans le corps foſſile; il diſtingue auſſi les deux ſubſtances qui les compoſent. « La baſe de ces dents, dit-il, c'eſt-à-dire, » l'endroit par où elles ſe touchent en mâchant, eſt fort plate, » fort égale & lice, comme étant uſée par le frottement mu» tuel; cela fait paroître ces dents compoſées de deux ſubſtan» ces différentes qui diſtinguent chaque dent, comme pluſieurs » dents de ſubſtance blanche, collées & jointes enſemble par » une ſubſtance griſâtre. »

(1) *Voyez* les Mémoires de l'Académie, année 1724, troiſième Partie, *page* 305. Mémoire de M. *Hans Sloanne*.

(2) *Tom. II, pag.* 54.

Il paroît

Il paroît évidemment que la ſubſtance grisâtre dont parle M. *Perrault*, n'eſt autre choſe que cette écorce oſſeuſe, cette partie dure qui a réſiſté dans le foſſile, & la blanche, l'*ivoire* devenu foſſile, lequel a été plus altéré, parce qu'il étoit d'une conſiſtance moins compacte. L'Académicien n'a pas remarqué, dans la dent molaire de l'éléphant qu'il a décrit, la prolongation des lames dans l'intérieur de la dent, il eût fallu la briſer pour faire cette obſervation, la ſubſtance blanche, c'eſt-à-dire, la matière d'ivoire qui rempliſſoit le vide & les interſtices que laiſſoit la partie grisâtre, n'avoit point été altérée dans la bouche de l'animal vivant, les deux ſubſtances formoient enſemble un corps maſſif, que le frottement de la maſtication avoit ſeulement poli à ſa ſurface; dans la dent foſſile, l'action du temps, de l'eau, des acides, & de toute eſpèce de vapeurs ſouterraines, a découvert la partie grisâtre qui conſtitue les lames, en détachant une partie de la ſubſtance qui les rempliſſoit ou les entouroit (1).

L'analyſe du corps foſſile eſt donc évidente, la courbure de la dent dans le ſens de ſa longueur & de l'arrangement des lames, eſt la même, ſans doute, que la courbure de la mâchoire à laquelle elle adhéroit dans ſon état primitif. M. *Perrault* décrit la courbure de la mâchoire, & non celle des dents; mais l'une ſuppoſe l'autre, puiſque la dent doit accompagner la mâchoire. Il attribue à une partie de l'os maxillaire une rondeur & une forme, qui donne lieu de croire que les fragmens d'os cariés découverts avec les dents foſſiles auprès du Château des *Rioux*, ont appartenu à la mâchoire du même animal.

(1) Lorſque j'ai écrit ce Mémoire, je n'avois pas été dans le cas de conſulter les belles Deſcriptions de MM. *de Buffon* & *Daubenton*. J'ai reçu auſſi depuis une dent d'Eléphant venue des Indes; c'eſt l'analogue précis des foſſiles dont il eſt ici queſtion. Je l'ai fait ſcier en coupant les lames tranſverſalement, j'ai reconnu, dans l'organiſation intérieure, une parfaite conformité.

Il ne faut pas s'étonner du nombre de fragmens trouvés ; ce ſont les débris de pluſieurs dents, dont les lames ont été totalement diviſées, parce que la ſubſtance intermédiaire a été atténuée dans toute ſon étendue ; dans le plus gros morceau, on compte neuf lames adhérentes, & vraiſemblablement il s'en eſt détaché pluſieurs ; la plus grande dent de l'éléphant de M. *Perrault*, n'étoit compoſée qne de ſept, peut-être le nombre en augmente-t-il avec l'âge, peut-être varie-t-il ſelon le ſexe de l'animal, ou ſelon la différence des eſpèces.

Le Dictionnaire des Animaux (1) diſtingue pluſieurs eſpèces d'éléphans, quoique M. *Linné* n'en admette qu'une (2) ; il eſt vrai qu'on en connoît pluſieurs variétés, & l'on ſait quelle différence il y a entre les dents canines ou dents d'ivoire des éléphans des Indes, & celle des éléphans d'Afrique ; les premières n'ont guères que trois ou quatre pieds de longueur, les dernieres en ont plus de dix. Il n'eſt pas étonnant que la même différence ſe trouve dans les dents molaires, & l'on a obſervé que les dents foſſiles, ſoit canines, ſoit molaires, ſont toujours des plus groſſes eſpèces. Il en eſt de même de preſque tous les corps foſſiles ou pétrifiés, dents, os, coquillages, &c. leur volume ſurpaſſe le plus ſouvent celui de leurs analogues connus ; la pétrification augmente-t-elle le volume du corps primitif ? les anciennes eſpèces ſurpaſſoient-elles celles de nos jours ? ou bien les groſſes eſpèces ſont-elles celles qui réſiſtent le plus aiſément à tous les accidens qui doivent précéder la pétrification ? C'eſt le ſujet d'une diſſertation aſſez difficile ; mais je me garderois, je crois, d'embraſſer les deux premieres opinions.

Examinons d'autres queſtions plus relatives à notre ſujet ; les corps foſſiles découverts *aux Rioux*, ſont certainement des dents d'éléphans ; mais en a-t-on vu ſouvent de pareilles en Europe, & comment ſe peut-il faire qu'on les ait trouvé dans

(1) *Tom. II, pag.* 86.

(2) *Elephas maximus*, Syſt. Nat. *pag.* 33.

le ſein de la terre ſous des couches régulières & dans des contrées auſſi éloignées de la patrie des éléphans qui n'habitent que l'Aſie & l'Afrique?

Ce phénomène eſt connu depuis long-temps des Naturaliſtes, il a été ſouvent l'objet de leurs recherches. Tous les Minéralogiſtes en ont fait mention dans leurs énumérations; ils ont parlé de ce foſſile ſous le nom d'*ivoire foſſile*, *ebur foſſile*, *unicornu foſſile*, *petrificata animalia dentium elephantorum* (1).

Quelques Auteurs ont écrit ſpécialement ſur ce ſujet; on peut conſulter *Thomas Bartholin*, *de dente & ebeno foſſili iſlandico* (2); *Everard*, dans la Relation de ſon Voyage à la Chine (3); *Joc. Luc. Rhiem. de Ebore foſſili*; *Laurence Lang*, dans le Journal de ſon Voyage; M. de *Marſigli*, dans ſon Ouvrage ſur le cours du Danube; M. *Elie Bertrand*, dans ſon Dictionnaire oryctologique; les Mémoires pour ſervir à l'Hiſtoire naturelle des Pétrifications des quatre parties du Monde (4); une Lettre d'*Erneſt Tentzelius*, Hiſtoriographe de l'Electeur de Saxe; les Voyages, en Toſcane, du Docteur *Targiani Tozzeti*, &c. &c.

Le Chevalier *Hans Sloanne*, qui forma lui ſeul une collection plus riche que celles des Souverains, & dont les connoiſſances ſurpaſſoient de beaucoup ſa collection, a donné, dans le Recueil de l'Académie des Sciences, un Mémoire (5) ſur les dents & autres oſſemens d'éléphans trouvés dans la terre, qui a répandu une grande lumière ſur cette matière.

Sur ſon rapport & ſur celui des Auteurs que j'ai cités, il paroît qu'on a trouvé des dents & d'autres oſſemens d'éléphans

(1) Wall. min. *Tom. II*, *pag.* 53.
(2) Act. med. *Vol. IV*, Obſervation 78.
(3) Voyages au Nord *Tom. VIII.*
(4) A la Haye, 1742, *pag.* 133 & ſuiv.
(5) Année 1727, troiſième partie, *pag.* 305.

foſſiles, non-ſeulement en Afrique & en Aſie ; mais dans les quatre parties du Monde, & dans les lieux les plus éloignés de leur origine.

Les Mémoires pour ſervir à l'Hiſtoire naturelle des pétrifications, parlent de ceux qu'on a vus en Amérique (1).

L'Angleterre en a fourni pluſieurs fois. M. *Sloanne* fait mention d'une dent d'éléphant foſſile découverte près de Londres (2). *Morton*, dans ſon Hiſtoire naturelle du Comté de *Nortampton*, en décrit une molaire (3) trouvée dans cette Province, & abſolument ſemblable à la nôtre. J'en ai vu une plus groſſe dans le Cabinet de M. *de Luc* à Genève, elle vient du Comté de *Norfolck ;* elle a environ onze pouces de long ; elle eſt compoſée de quinze lames d'un pouce & demi de longueur, qui adhèrent les unes aux autres & ſont diſpoſées préciſément comme celles que j'ai décrites. M. *de Luc* a eu occaſion de comparer à Londres ce corps avec une vraie dent d'éléphant ; il y a reconnu la plus parfaite analogie. La pétrification en eſt infiniment plus avancée que celle des foſſiles dont il eſt queſtion dans ce Mémoire ; ſa peſanteur ſpécifique eſt beaucoup plus conſidérable.

L'Académie Impériale des Sciences (4) rapporte qu'on a trouvé de pareilles oſſemens en Italie, dans le Diocèſe de *Viterbe* & ailleurs. Le Docteur *Targioni Tozzeti* décrit, dans ſes Voyages & dans une Lettre particulière, pluſieurs oſſemens foſſiles d'éléphans & d'autres animaux, déterrés dans la vallée ſupérieure & inférieure d'*Arno* en Toſcane. Ils y ſont diſperſés çà & là dans des couches horizontales de ſable & de craie, dont les montagnes voiſines de cette Province ſont formées. M. *Tozzeti* ajoute, que ce ne ſont pas les ſeuls foſſiles

(1) *Pag.* 148. (Bourquet.)

(2) Mémoire de *Hans Sloanne*, ci-deſſus, Académie, *pag.* 306.

(3) *Ibid. pag.* 316.

(4) Décur. 2 ann. 7. S. 1688, Obſerv. 234.

étrangers à la terre, renfermés dans ces couches, où l'on voit auſſi un grand nombre de coquillages originairement marins.

Erneſt Tentzelius écrivit, en 1696 (1), l'Hiſtoire de la découverte d'un ſquelette entier d'éléphant, trouvé dans l'intérieur de la colline de *Tonnen*, village ſitué dans le Landgraviat de *Thuringe*, Electorat de la Haute-Saxe. Pluſieurs couches très-diſtinctes de diverſes natures recouvroient cet énorme foſſile. Il étoit étendu dans un lit de ſable extrêmement pur & blanc, qui ſe tranſporte au loin pour ſervir à différens uſages. Les os du ſquelette furent déterrés ſucceſſivement, le *tibia* peſoit lui ſeul dix-neuf livres, l'homoplate étoit long de quatre pieds & large de deux palmes & demie. La tête prodigieuſement groſſe garnie de quatre dents molaires, & de deux défenſes de la longueur de huit pieds, diſſipa tous les doutes qui s'étoient élevés ſur l'eſpèce d'animal à qui ce ſquelette avoit appartenu; mais, à l'exception de quelques parties de la tête & principalement des dents, preſque tous ces os étoient cariés & très-friables; j'ai fait remarquer le même fait dans ceux qu'on a trouvé *aux Rioux*.

Il s'eſt fait, en différens temps, de ſemblables découvertes en pluſieurs parties de l'Allemagne. *Reiſel* (2), Médecin du Duc de *Virtemberg*, raconte qu'en 1701, en creuſant une colline à une lieue de Stoutgard, on trouva plus de ſoixante dents canines d'éléphans, un grand nombre de molaires, des mâchoires & pluſieurs oſſemens d'autres animaux, parmi leſ-

(1) *Willelmi Erneſti Teutzelii Hiſtoriographi Ducatûs Saxonici, epiſtola de ſeleto Elephantino, tonnæ effoſo.* Cette lettre eſt rapportée par extrait dans les Mémoires pour ſervir à l'Hiſtoire Naturelle des Pétrifications, *pag.* 133, par M. *Bourguet.* Voyez la Deſcription entière du ſquelete dans les Actes des Savans de Leipſic, *A* 1684 Janvier 1697; & dans le *Theatrum Zootomicum* de Valentini, 1720.

(2) *Salomon Reiſel.* Voyez la Relation de cette Découverte dans les Mémoires ſur les Pétrifications, ci-deſſus cités, *pag.* 142.

quels il y en avoit de la petiteſſe de ceux d'une ſouris; mais on n'en reconnut aucun qui pût être comparé à des oſſemens humains; obſervation ſingulière que le Docteur *Targioni Tozzeti* a renouvellé de nos jours, dans cette eſpèce de cimetière foſſile que la vallée d'*Arno* lui a montré.

M. *Sloanne* parle des dents d'Eléphans, trouvées dans la Province de *Turinge* (1), & près de Vienne en Autriche (2), ſelon M. de *Marſigli* (3); il y en a eu en Hongrie, en Tranſylvanie, près de Strasbourg, à Bruges en Flandres; ſelon M. *Raſpe* (4), dans l'Electorat d'Hanovre; ſelon M. *Elie Bertrand* (5), dans le Margraviat de Bareith & dans le canton de Bâle; j'ai un fragment de dent molaire foſſile, venu de ce canton.

Il ne paroît pas qu'on en ait auſſi fréquemment découvert en France; cependant le célèbre *Peyreſc* en a vu en Provence. M. de *Réaumur* (6) a démontré que les turquoiſes qui ſe trouvent dans la Généralité de Montauban, près de la Ville de Simorre, près d'Auch & de Caſtres, &c. ainſi que toute eſpèce de turquoiſe, ſont des fragmens de véritables dents d'Eléphans enterrés, une ſorte d'ivoire foſſile que l'on peut colorer en bleu par le moyen du feu, lorſqu'elle ne l'a pas été naturellement dans la terre, comme la *Turquoiſe d'Orient*, ou de *Vieille-roche*; de ce nombre eſt une dent canine à qui l'on donne le nom de *Licorne minérale*; c'eſt la *Licorne foſſile* des Pharmaciens.

La France en a encore fourni en différens lieux; mais il eſt intéreſſant d'obſerver ici que la plupart de celles dont les Au-

(1) Mém. Acad. de *Sloanne*, *pag.* 227.

(2) Voyez auſſi d'*Argenville*, Lithologie, *pag.* 160.

(3) Danube, *Tom. II.*

(4) *Specimen Globi Terraque.* &c. *Autore Rodolpho Erico Raſpe Amſtelodami*, 1763.

(5) Dictionnaire Oryctol.

(6) Mém. Acad. 1715, *pag.* 230 & ſuiv.

teurs aient conſervé la mémoire, ont été découvertes dans le même pays & à peu de diſtance du lieu, où M. de *Valernod* a trouvé celles qui ont occaſionné ces recherches: voici un paſſage du Mémoire de *Sloanne*, déja cité, qui l'établit.

« On trouva, dit-il (1), en France pluſieurs os foſſiles, l'an 1456, ſous le règne de Charles VII, près d'une Riviere dans la Baronnie de *Cruſſol*, qui fut enſuite érigée en Comté; ce » Comté n'eſt pas loin de Valence. Jean *Marius* (*in Libris* » *de Galliarum illuſtrationibus*) *Calamæus* (*in ſuis de Bi-* » *turgibus Commentariis*), *Fulgoſius* & Jean *Caſſanio de* » *Montreuil*, (dans ſon Traité des Géans) parlent de ces os » qui étoient ſi grands, que l'on conjectura que le Géant à » qui l'on crut qu'ils avoient appartenu, & quelques-uns pri- » rent pour le Géant *Briatus*, ne pouvoit pas avoir moins de » quinze coudées.... *Caſſanio* donne une deſcription circonſ- » tanciée d'une dent, qu'on ne peut preſque pas douter être » une grande dent molaire, & conſéquemment les autres os, » les os d'un Eléphant; il dit qu'on montroit, de ſon temps, » une dent pareille dans le Château de *Charmes*, dans le voi- » ſinage de cet endroit.....» M. *Sloanne* ajoute, qu'un Marchand François lui apporta du même pays de ſemblables os qu'il reconnut pour être ceux d'un Eléphant.

On voit par-là, que les Provinces qui bordent le Rhône auprès de Valence, ont produit pluſieurs fois des oſſemens foſſiles d'Eléphans; mais le Nord de l'Europe eſt, ſans doute, la partie qui en fournit le plus.

Sans parler de ceux qu'on a trouvé en Iſlande (2), la Moſcovie & ſur-tout la Sybérie en abondent à un tel point, qu'il s'y fait un commerce conſidérable de cet ivoire, qui, quoi-

(1) Mém. de *Sloanne pag.* 322.

(2) Bartolin, *de dente & ebeno foſſili Iſlandico*, Act. med. *Vol. IV.* Ob. 78, cité dans le Mémoire de *Sloanne*, *pag.* 325.

que foſſile, conſerve ſouvent aſſez de blancheur & de conſiſtance pour être travaillé au tour, & pour faire des tabatières, des peignes & autres ouvrages de clincaillerie, que les Ruſſes vont vendre à la Chine. Cette propriété diſtingue ces dents de celles qu'on découvre en Europe ; celles-ci ſont conſtamment trop caſſantes & trop friables, pour être employées à aucun uſage.

Celles de la Sybérie ſont quelquefois d'une énorme grandeur ; les tranſactions philoſophiques (1) font mention de dents inciſives de trois & de quatre aunes de long, de dents molaires de neuf pouces d'épaiſſeur & du poids de 300 livres, ce qu'il eſt, je crois, permis de révoquer en doute. Elles ſont ſouvent mêlées dans la terre avec d'autres oſſemens d'une étendue proportionnée.

On voit un de ces os dans le Cabinet du Roi, c'eſt un *femur* d'une groſſeur & d'une longueur qui ſurprend. Il eſt conſtant que les Voyageurs n'ont jamais décrit d'Eléphans d'une taille pareille, & ceux qu'on amène quelquefois en Europe, étant de la plus petite race, peuvent encore moins entrer ici en comparaiſon ; l'analogie démontre cependant que ces os ont appartenu à des animaux de cette eſpèce ; j'ai remarqué que la diſproportion qui ſe rencontre également dans pluſieurs autres foſſiles comparés à leurs analogues, eſt un des embarras qu'on éprouve dans l'explication de leur origine ; mais leur tranſport hors de leur lieu natal, préſente encore une difficulté plus importante. Quand & comment les oſſemens & les dents d'Eléphans nés en Aſie & en Afrique, ont-ils été tranſportés & enterrés en Europe, dans ſes parties ſeptentrionales, en Moſcovie & juſqu'auprès de la Mer glaciale, dans les contrées où le froid eſt le plus rigoureux, & le climat par conſéquent plus oppoſé à la nature de l'Eléphant.

Ce ſeroit ſe jouer dans une matière ſérieuſe, que de vou-

(1) 1730. Voyez le Dict. Oryctonol.

loir,

loir ; avec un Auteur moderne, conſidérer les corps étrangers à la terre, toutes les pétrifications animales & végétales, marines & terreſtres, comme des êtres foſſiles créés avec elle & deſtinés par le Créateur à ſervir de chaînons intermédiaires entre le régne minéral & les régnes animaux & végétaux : nous rejetterons également l'opinion de *Camerarius*, qui penchoit à croire que ces corps ne ſont autre choſe que des eſſais, des eſpèces d'ébauche de l'organiſation de la nature animale & végétale. Lorſqu'un homme oſe ainſi quitter la route des faits qui lui eſt permiſe, & prétend s'élever ſans appui juſqu'à l'Etre ſuprême, pour lui ſurprendre des ſecrets qui lui cache, bien loin de ſe rapprocher de la Divinité, il la rabaiſſe juſqu'à lui.

On feroit un gros volume de tous les ſyſtêmes imaginés, pour expliquer les énigmes de la Nature en ce genre, & ce volume occuperoit un rang diſtingué dans l'hiſtoire des erreurs humaines.

On a prétendu que les dents foſſiles d'Eléphans étoient des cornes minérales qui croiſſoient dans la terre : tel étoit le ſentiment de Théophraſte, au rapport de Pline, *Theophraſtus autor eſt, oſſa è terrâ naſci, invenirique lapides oſſeos* (1). on regardoit auſſi, dans ce temps, *les bélemnites* comme des végétaux ; & cela n'étoit pas plus difficile à comprendre que la végétation des madrepores, des coraux, des lythophites & des ſtalactites, que de grands Naturaliſtes admirent gratuitement dans le ſiécle dernier.

L'obſervation a fait trop de progrès de nos jours, pour les en croire ſur leur parole & contre le témoignage des faits avérés ; il ſeroit auſſi raiſonnable d'embraſſer le parti des anciens Phyſiciens qui attribuoient la formation des oſſemens foſſiles à quelque vertu plaſtique, ou encore le ſentiment des anciens Ruſſes ſur l'*ivoire foſſile* (2).

(1) *Plin.* Hiſt. Nat. *L.* 36, *C.* 18.
(2) Voyage au Nord, *Tom. VIII, pag.* 48.

Avant que le *Czar* eût éclairé le Nord de la lumière de ſon génie, ces Peuples, qui n'avoient aucune idée de l'Eléphant, & qui ne connoiſſoient aucun animal dont les os fuſſent d'une grandeur comparable à ceux qu'ils trouvoient fréquemment dans la terre, s'étoient imaginé, &, ſelon, l'uſage, avoit fini par croire fermement qu'ils venoient d'un gros animal, qui ne vivoit que dans les ténèbres, ſous la terre & dans ſes entrailles. Ils avoient donné un nom à l'animal qu'ils avoient imaginé, ils l'appelloient *Mamouth*; l'os que j'ai dit être dans le Cabinet du Roi, y a été envoyé ſous le nom de *Fémur* d'un *Mamouth*. On révéroit les *Mamouths*, on les regardoit comme les habitans d'immenſes & profondes cavernes. Le jour étoit leur ennemi le plus redoutable. Ils expiroient dès que la lumière perçoit juſqu'à eux; on expliquoit par-là pourquoi l'animal vivant étoit inconnu, & pourquoi l'on ne retrouvoit que ſes oſſemens.

Quelques Philoſophes, livrés à leur imagination, au-lieu de ſuivre les traces de l'analogie, n'ont guères été plus raiſonnables que les anciens Moſcovites. Ne pouvant préſumer qu'une telle quantité d'Eléphans eût été tranſportée en Europe, ils ont regardé leurs dents & leurs os foſſiles comme des dents de Géans; le merveilleux plaît à l'imagination, & il eſt plus aiſé de ſuppoſer que de bien voir: de-là ſont nées mille conjectures ſur les Géans. Le Pere *Kircher* les a raſſemblées, il a donné un Catalogue chronologique de ces prétendus monſtres humains (1); vaiſemblablement tous les Géans du P. *Kircher* ne ſont que de vrais *Mamouths*.

Le Docteur *Targioni Tozetti*, venu dans un ſiécle où les Naturaliſtes croient à leurs yeux & ſe méfient de leur imagination, n'a pas héſité de reconnoître la nature des foſſiles de la vallée d'*Arno*; mais il croit que les Eléphans étoient anciennement des animaux indigènes de l'Europe & ſur-tout de

(1) *Mundum ſubterran.* L. 8, Sect. 2.

la Toſcane; les coquillages marins avec leſquels on les trouve, & les couches régulières qui les recouvrent, lui perſuadent néanmoins que les cadavres d'Eléphans y ont été laiſſés par la mer; mais il ſuppoſe que ſes eaux ne recouvroient le globe qu'en partie, & que le haut des montagnes étant ſeul à découvert & dès-lors le climat infiniment plus chaud, elles étoient habitées par les Eléphans. Ces ſuppoſitions échafaudées les unes ſur les autres, portent ſur une baſe trop fragile, elles ſont dénuées de preuves, & contraires à toutes les obſervations.

Pourquoi la préſence de la Mer ſur le Continent, eût-elle, d'un climat tempéré, fait un climat ſemblable à celui de l'Afrique? L'Iſlande, pour être entourée de l'Océan, eſt-elle moins froide que la Sibérie?

S'il eſt des animaux & des plantes, qui ne peuvent ſubſiſter que dans les pays brûlans, il en eſt également qui ne ſauroient vivre qu'au milieu de la neige & des frimats. Leur deſtination eſt déterminée par leur organiſation même. Le génepit & le café, la marmote & l'Eléphant n'ont jamais habité naturellement le même lieu. Dans la ſuppoſition de Don *Tozeti*, ſi, au temps dont il parle, les Eléphans ſe trouvoient ſur les Alpes, la marmote & le génepit qui y ſont aujourd'hui ſpontanés, n'y pouvoient pas exiſter. D'où y ſeroient-ils venus dans la ſuite? C'eſt ainſi que, pour élever un ſyſtême, on renverſe l'ordre même de la Nature.

Le célèbre *Marſigli*, dont le génie avoit devancé le ſiécle de l'obſervation, avoit déja vu le rapport de l'analogue des os dont il s'agit; mais, pour expliquer leur tranſport dans le Nord de l'Europe, il prétendit que c'étoit les reſtes des ſquelettes des Eléphans que les Romains y amenerent ſous les Empereurs *Galien* ou *Poſthume*. M. *Sloanne* a réfuté cette opinion; il a fait voir que le nombre n'en ſeroit pas auſſi grand; que les couches dans leſquelles les os ſont enterrés, n'auroient point,

dans cette hypothèse, la disposition régulière qu'on y remarque ordinairement & que j'ai dit être dans celles du Dauphiné, où nos fossiles ont été pris; en un mot, que ces couches seroient confondues & non distinctes comme on les voit, si les os y eussent été enfouis par les hommes ou par les accidens ordinaires. La situation d'ailleurs de ces os dans les couches, la profondeur où ils se rencontrent, leur grosseur qui n'a aucun rapport avec les os des Eléphans des Romains, dont on connoît la taille; toutes ces raisons auxquelles je pourrois ajouter une présomption particulière assez forte; c'est qu'il n'est pas probable que les Romains, en enterrant les cadavres de leurs Eléphans, leur eussent laissé leurs dents d'ivoire, matière dont ils faisoient un grand usage, & qui, dans ce tems, avoit encore plus de prix qu'aujourd'hui: toutes ces raisons, dis-je, ont autorisé M. *Sloanne* à rejetter l'hypothèse de *Marsigli*, & à se ranger du parti des Physiciens, qui croient que nos ossemens fossiles sont d'une bien plus grande antiquité, & qu'ils n'ont pu être amenés dans les lieux où on les trouve, que par les eaux d'un déluge universel.

Cette opinion la plus raisonnable de toutes celles que j'ai rapportées, n'est pas encore exempte de difficultés, elle est exposée à toutes les objections de *Telliamed* & de M. de *Buffon*. Des eaux de pluie, qui couvrent insensiblement la terre, peuvent-elles amener en Sibérie les squelettes des Eléphans d'Afrique? Comment des eaux tranquilles qui s'amoncelent, s'écoulent & se retirent avec lenteur, auroient-elles eu un aussi court espace de temps, applani plusieurs élévations du globe, élevé de nouvelles collines, & enterrés ces os dans le sein des montagnes ou dans la profondeur des plaines?

Tout cela s'explique plus facilement par la théorie ingénieuse & vraisemblable du déplacement successif de la Mer, & de son ancien séjour sur le Continent. Mais, sans embrasser précisément l'hypothèse des Auteurs qui ont cherché à expliquer comment la chose est arrivée, sans répéter les preuves

ſur leſquelles ils ſe ſont appuyés, on peut croire que le déplacement des os d'Eléphans a eu la même cauſe que celui de tous les corps marins devenus foſſiles, la même origine qu'un grand nombre de productions terreſtres mêlées avec les corps marins foſſiles, tels que des arbres entiers pétrifiés dans le ſein de la terre ſous des couches multipliées & régulieres, qui ne peuvent avoir été formées par un déluge momentané, & par les accidens ordinaires auxquels nous ſavons que la ſurface de la terre eſt expoſée; mille témoins atteſtent l'ancien & long ſéjour de la Mer ſur le Continent que nous habitons; une partie de ce qui eſt aujourd'hui ſous les eaux étoit alors continent, les torrens, les inondations, les naufrages, pluſieurs cauſes ont dû, de tout temps entraîner dans la Mer, ainſi que des arbres entiers, des ſquelettes de toute eſpèce d'animaux & ſur-tout d'Eléphans qui habitent toujours les bords des grands Fleuves (1).

Ces os les plus ſolides, les plus durs, les plus inacceſſibles à l'air, les plus ſuſceptibles d'admettre les ſucs lapidifiques, ont dû réſiſter plus long-temps à l'action des élémens, & ſe conſerver juſqu'à nos jours dans leur forme naturelle; dès-lors on ne doit pas plus s'étonner de trouver des dents d'Eléphans en Sibérie, que de rencontrer les fougeres d'Amérique décrites & gravées par *Plumier*, empreintes ſur les ardoiſes de *Saint-Chaumont*, les cornes d'Ammon & autres coquillages qui ne ſe trouvent que dans les Mers des Indes, remplir les carrieres du *Mont-d'or* en Lyonnois, & preſque toutes les montagnes calcaires de l'Europe; des os d'Hippopotame, animal amphibie, qui ne vit que ſur les bords des Rivières d'Afrique, à côté d'un ſquelette de rennes quadrupède qu'on ne voit qu'en Laponie, enſévelis ſous trois couches régulières de ſable, de terre & de terreau, à Etampes auprès de Paris. Les uns & les autres, dans quelque temps & de

(1) *Lynn.* Syſtem. Nat. 1758. *pag.* 33. *Habitat in paludoſis ad amnes.*

quelque manière que ce ſoit, ont été déplacés, apportés, enfouis & recouverts par la même révolution, par le bouleverſement quelconque, qui eſt inconteſtablement arrivé à la terre, & qui, pour me ſervir de l'expreſſion d'*Henkel* (1), a changé le globe en un cimetière commun aux productions du régne animal & du végétal.

Il me reſte à rapporter, ſur les dents foſſiles, deux courtes obſervations par leſquelles je finis. Les os des poiſſons marins, leurs vertèbres, ainſi que tous les corps & coquillages pétrifiés, à quelques exceptions près, telles que les empreintes ſur les ardoiſes, ſe rencontrent dans des terres ou des pierres qui ſont calcaires, & dont l'origine eſt peut-être totalement animale & marine; les os d'Eléphans, au contraire, ont preſque toujours été découverts dans des ſables, des graviers, des argilles dont la nature eſt vitrifiable : pour conſtater ce fait, j'ai décrit, en commençant, la nature des couches qui recouvroient les foſſiles du Dauphiné; j'ai remarqué que *Morton*, dans ſa Deſcription citée par *Sloanne*, annonce que la dent molaire du Comté de *Nortampton*, fut trouvée ſous cinq ou ſix couches d'argille, de ſable & de gravier; il en eſt de même du ſquelette entier découvert & décrit par *Tentzelius*.

La ſeconde obſervation qui, peut-être, a quelques rapports avec la précédente, eſt que l'ivoire foſſile, les os & les dents d'Eléphans, ont preſque toujours été trouvés dans les Lacs, dans les Fleuves, ſur leurs bords, ou à peu de diſtance de leur courant. Les fragmens que j'ai décrits, ont été pris à un demi-quart de lieue du Rhône. *Junker*, dans ſa Chymie (2), dit qu'on en rencontre ſouvent le long de la Viſtule; les dents dont parle M. de *Marſigli*, ont été découvertes dans pluſieurs Rivieres, Lacs ou Etangs de la Hongrie & de la Tran-

(2) Pyrithologie, *pag.* 131.

(1) *Tom. I. pag.* 509=10.

ſylvanie, & dans le Rhin auprès de Strasbourg. Suivant les relations des Voyageurs, l'ivoire foſſile de la Sybérie ſe ramaſſe ſur les bords de la Rivière de la *Kéta*, des Fleuves *Jeniſca*, de *Trugau*, de *Mangaſca* & de *Lena*, lorſqu'après les grands dégels, ces Rivières, par l'impétuoſité de leurs courſes, ſapent les montagnes voiſines, & découvrent les os & quelquefois les ſquelettes entiers qu'elles renferment.

Je ne tirerai aucune conſéquence de ces deux obſervations; mais elles pourront ſervir de matériaux aux faiſeurs de ſyſtêmes à venir.

MÉMOIRE

SUR la ſtructure ſingulière du Tibia & du Cubitus des Grenouilles & des Crapauds, avec quelques Expériences ſur la reproduction des os dans les mêmes animaux.

Par M. MICHEL TROJA,

Docteur en Médecine de la Faculté de Naples, Chirurgien Aſſiſtant de l'Hôpital de Saint-Jacques, & Médecin ordinaire de Son Excellence M. le Marquis de *Caracciolo*, Ambaſſadeur de Naples, à Paris.

Préſenté le 15 Janvier 1777.

LA STRUCTURE du tibia & du cubitus des grenouilles & des crapauds, eſt différente de celle qu'on remarque dans tous les autres animaux; elle a de très-grands uſages pour l'action des pattes, & je ne connois aucun Auteur qui l'ait décrite; elle a échappé aux recherches de tous les Naturaliſtes, & même à celles de Swamerdam, Obſervateur exact, & d'Auguſtus Rœſel von Roſenhof, qui nous a donné l'Hiſtoire des grenouilles & des crapauds de ſon pays, dans un excellent Ouvrage, *in-folio*.

Le tibia de ces amphibies eſt dans le milieu de ſon corps d'une figure cylindrique un peu applatie; mais les deux extrémités, qui groſſiſſent conſidérablement, ſont bien plus évaſées: cependant l'inférieure, qui eſt articulée avec les deux os du tarſe, eſt beaucoup plus large que ne l'eſt la ſupérieure. Du côté extérieur *e f* (*fig. 1*), où devroit être la place du péroné, cet os eſt ſingulièrement courbé, & le péroné manque entièrement, de manière que le tibia eſt tout ſeul

dans

dans cette partie de la patte, comme le fémur eſt tout ſeul dans la cuiſſe. On obſerve ſur la face *AB*, qui eſt antérieure ou inférieure par rapport à la ſituation de l'animal, & qui regarde le dos du pied, deux ſillons aſſez profonds *Ae*, *fB*, & deux autres *Cg*, *hD* (*fig. II*), ſur la face poſtérieure ou ſupérieure *CD*, qui regarde la plante: tous les quatre s'avancent ſuivant la longueur de l'os vers la moitié du tibia.

Si on coupe les deux extrémités tranſverſalement tout à côté des épiphyſes *A & B* (*fig. III & IV*), on voit, dans la ſection de chacune d'elles, deux tuyaux *c & d*, *e & f* bien diſtincts, ſéparés par une cloiſon mitoyenne & commune; de façon que ſi on regarde ſeulement leurs ouvertures & les ſillons extérieurs ſans faire attention au corps de l'os, on ſeroit tenté de penſer qu'ils ſont deux tuyaux diſtingués, & l'un joint étroitement à l'autre. Si on introduit une ſeconde très-mince dans un de ces quatre tuyaux, on croiroit qu'elle devroit ſortir par le tuyau oppoſé; mais, parvenue vers la moitié du tibia, elle y eſt arrêtée par une autre cloiſon oſſeuſe. Celle-ci eſt très-épaiſſe & ſituée tranſverſalement, de ſorte qu'elle empêche toute communication de la moitié ſupérieure de l'os avec l'inférieure; on apperçoit aiſément à la lumière cette cloiſon que j'appelle *tranſverſale*, extérieurement & ſans briſer l'os; elle eſt marquée par un cercle, qui paroît plus blanc que le reſte de l'os même quand il eſt ſéché, & qui entoure toute ſa circonférence comme on voit en *i*, *k*, *l*, *m* (*fig. I, II, III & IV*). Son ſiége eſt déſigné plus exactement par un trou qui traverſe le tibia d'un côté à l'autre. Ce trou par lequel paſſent des vaiſſeaux & des nerfs commence à la partie poſtérieure préciſément ſur la cloiſon tranſverſale en *o* (*fig. II*); il perce enſuite le corps de la cloiſon même, & il ſort à la partie antérieure ſous la cloiſon en *n* dans la figure première & en *p & q* dans la figure troiſième & quatrième. Dans la figure cinquième l'os a été coupé juſtement au niveau de la cloiſon tranſverſale, & on voit la moitié

A b c creuſe en *c b*, tandis que l'autre moitié *D e f* eſt toute pleine en *e f*. On a introduit une ſoie de cochon *g h* par l'ouverture poſtérieure du trou en *f*, & on la fait ſortir par l'ouverture antérieure en *e* preſque ſur le bord du plan de la cloiſon tranſverſale.

Cependant les deux cloiſons, qui ſéparent les deux tuyaux de chaque extrémité, & que j'appelle *longitudinales*, quoiqu'elles s'avancent d'un côté juſques dans le corps des épiphyſes, ne deſcendent pas juſqu'à la cloiſon tranſverſale; elles finiſſent à une certaine diſtance avant d'y arriver, & leurs extenſions ſont preſque déſignées extérieurement par les ſillons. Il eſt donc évident, par ce que les cloiſons longitudinales ne deſcendent pas juſqu'à la tranſverſale, que les deux tuyaux ſupérieurs, ainſi que les inférieurs, aboutiſſent à un eſpace cylindrique commun entre la cloiſon tranſverſale & l'extrémité inférieure de chaque cloiſon longitudinale. Dans la figure ſixième, on voit la cloiſon longitudinale ſupérieure, qui finit en *a b*, & l'eſpace commun de cette moitié *a b c d*. A cet effet, ſi on introduit une petite ſonde dans un des tuyaux ſupérieurs, par exemple, & qu'il ſoit *e g* pendant qu'on ne l'a pas coupé latéralement, la moëlle ſera pouſſée dans l'eſpace commun *a b c d*, & de-là on la verra refluer par l'ouverture *h i* de l'autre tuyau qui eſt à côté.

Dans les têtards ou dans les grenouilles à queue, quand les os ne ſont pas encore oſſifiés, ou quand ils ne le ſont pas aſſez bien, les ſillons que je viens de décrire ſont très-ſuperficiels. Dans la coupe tranſverſale des extrémités on voit aiſément la ſéparation des tuyaux; mais leurs cavités ſont remplies de manière qu'on ne peut pas introduire une ſoie; cependant ſi on force davantage on l'enfonce, & on voit ſortir par l'ouverture de l'autre tuyau latéral une matière gélatineuſe ou à demi-cartilagineuſe blanche. J'ai obſervé cette même matière dans le tibia du poulet pendant l'incubation. Dès le dixième jour, ſi on frotte cet os entre les doigts, il ſort une matière gélatineuſe par les extrémités, & il reſte une eſpèce de tunique

dans laquelle elle étoit contenue; je l'ai examiné jusqu'au quinzième jour, & j'en ai donné la description dans mon Ouvrage sur la régénération des nouveaux os aux *pages* 215, 216 & 217.

Le cubitus, qui est dépourvu de radius comme le tibia l'est de péroné, est extrêmement large dans son extrémité inférieure, où il est articulé avec le carpe; mais, à mesure qu'il s'avance vers son extrémité supérieure, où il est articulé avec l'humérus, il se rétrecit tellement qu'on pourroit considérer l'os tout entier comme un triangle. Il est situé de manière que le côté antérieur *Ad (fig. VII)*, avec l'apophyse coronoïde *d* regarde le dos de la main; le côté postérieur *CB* avec l'olecrâne *C*, la plante; la face interne *CAB*, le corps de l'animal & la face externe *EFG (fig. VIII)*, le dehors. Dans le milieu de sa partie inférieure, qui est aussi élargie, on remarque deux sillons bien profonds, qui suivent la longueur de l'os; le premier, qui se trouve sur la face intérieure, est *eh (fig. VII)*, & le second, qui est placé sur l'extérieure, est *ki (fig. VIII)*. Ils parcourent presque les deux tiers de toute sa longueur, & ils deviennent superficiels à mesure qu'ils approchent de l'extrémité supérieure. Cependant on ne doit pas considérer cet élargissement de la partie inférieure comme un applatissement de l'os, parce que les deux sillons correspondant l'un contre l'autre, divisent cette extrémité en deux cylindres, de manière que la cloison, qui se trouve dans l'entre-deux, est très-mince & suffisamment large. Si on coupe transversalement l'épiphyse inférieure, on découvre les ouvertures *k* & *I (fig. IX)*, de deux tuyaux cylindriques. Leurs cavités, qui contiennent la moëlle, s'avancent jusqu'à l'endroit à-peu-près où finissent extérieurement les sillons, c'est-à-dire, où finit la cloison commune. Là ces deux cavités, que j'ai trouvé quelquefois presque remplies vers l'épiphyse inférieure d'une substance cellulaire osseuse, s'embouchent dans un espace cylindrique commun qui termine l'extrémité supérieure du cubitus.

J'ai dit qu'extérieurement la cloiſon étoit aſſez large : en effet, ſi on emploie l'adreſſe néceſſaire, on peut la couper tellement avec un ſcalpel bien fin qu'on peut ſéparer entièrement les deux tuyaux ſans entamer la cavité ni de l'un ni de l'autre juſqu'à l'eſpace commun. On voit, dans la figure dixième, les deux cylindres *A B*, *C D* ſéparés dans la cloiſon, ayant conſervé leur intégrité depuis *B* juſqu'à *e*, & depuis *D* juſqu'à *f*; on voit l'eſpace commun ouvert dans l'un & dans l'autre depuis *e* juſqu'à *A*, & depuis *f* juſqu'à *C*. Il eſt donc évident que, dans le tibia, il y a deux cavités cylindriques ſupérieures avec un eſpace commun, & deux inférieures avec un autre eſpace commun pour la moëlle, au lieu que, dans le cubitus, il n'y en a que deux avec un ſeul eſpace commun.

Telle eſt la ſtructure des deux os que je m'étois propoſé de décrire ; elle eſt ſans doute admirable aux yeux des Philoſophes. Pourquoi la Nature a-t-elle été obligée d'employer tant de cloiſons & tant de tuyaux dans leur formation ? & pourquoi le fémur, qui eſt de la même grandeur que le tibia, n'en a-t-il pas auſſi ? Quand on veut remonter juſqu'aux cauſes premières, on tombe dans les abymes de l'ignorance, & tout eſt caché aux regards des hommes ; mais quand nous cherchons les uſages des parties, nous nous élevons à l'Être Suprême, & bien ſouvent nous pénétrons dans ſes fins. Je tâcherai donc, s'il m'eſt poſſible, d'expliquer les fonctions de ces parties.

J'ai vu d'abord que cette variété de conſtruction devoit être néceſſaire ou pour quelque choſe qui ſe trouve hors de l'os & qui l'entoure, ou pour quelque choſe qui ſe trouve dans l'os même. Une ſcrupuleuſe anatomie des tendons & des ligamens me fit renoncer au-dehors. On devoit donc trouver dans l'os même les raiſons de cette conſtruction. Je ſavois que la Nature avoit employé des cloiſons multipliées afin de ſoutenir les lobes du cerveau. Ce viſcère aſſez mou par ſa conſtitution, avoit beſoin d'être ſoutenu dans ſon milieu par la faux, afin que

quand la tête ſe trouve appuyée ſur les côtés, un des lobes n'écraſât point ſon compagnon par ſa peſanteur : on obſerve de ſemblables ſoutiens pour le cervelet. Or, comme la grenouille fait des mouvemens violens dans l'action de ſauter, il étoit néceſſaire que la Nature eût employé auſſi des cloiſons oſſeuſes dans les os de ſes pattes pour ſoutenir la moëlle, qui, ſans ces ſoutiens, auroit été fondue par la violence des ſauts. Ce n'étoit pas aſſez, il falloit auſſi fortifier davantage les os mêmes, afin qu'ils puſſent ſoutenir l'impétuoſité de ces mouvemens ſans ſe caſſer. On ſait qu'un cylindre creux eſt plus ſolide qu'un autre tout plein, quand ils ont une égale quantité de matière. Ainſi, les os des grenouilles & des crapauds, doivent être plus minces dans leur ſubſtance que les os des quadrupèdes; ils ſont formés de même dans les volatils, de manière que leurs cavités de la moëlle ſont reſpectivement plus amples. Cette conſtruction étoit avantageuſe, afin que les premières euſſent moins de gravité à la nage, & les ſeconds au vol. On pourroit objecter que, quoique les extrémités du tibia & l'extrémité inférieure du cubitus ſoient fortifiées par un double cylindre creux, cependant dans l'extrémité ſupérieure de celui-ci, & dans le milieu de l'autre, il n'y en a qu'un tout ſimple : mais il faut obſerver que leur ſubſtance dans ces endroits eſt bien plus épaiſſe. J'aurois donné à cette ſtructure tubuleuſe le ſeul uſage de fortifier les os, ſi la cloiſon tranſverſale ne m'eût aſſuré qu'elle étoit faite principalement pour ſoutenir la moëlle.

Mais qu'elle diſparoiſſe cette apparence de vérité toute ſpécieuſe qu'elle eſt, diſois-je en conſidérant le fémur & l'humérus. Celui-là n'eſt pas moins gros que le tibia, & il n'a point de cloiſon, & ſa cavité pour la moëlle s'étend d'un bout de l'os à l'autre; celui-ci eſt bien plus conſidérable que le cubitus, & ſa cavité eſt toute ſimple.

Cependant, en réfléchiſſant à la ſituation de la grenouille quand elle eſt prête à ſauter, & à l'action du ſaut même, ce doute fut diſſipé, & je me confirmai, de plus en plus, dans

cette opinion. Quand elle eſt en repos ou dans l'attitude de vouloir ſauter, la cuiſſe touche le ventre, & le fémur forme un angle aigu avec les longs os du baſſin : la partie de la patte qui renferme le tibia, ployée dans un ſens contraire, touche tout le long de la cuiſſe, & le tibia forme un angle très-aigu avec le fémur ; mais l'extrémité inférieure du premier qui touche l'extrémité ſupérieure du ſecond, avance un peu ſur celle-ci en longueur, & ſe trouve un peu plus relevée ſur la cuiſſe du côté du dos ; de ſorte que le fémur eſt tout-à-fait parallèle au plan horizontal ſur lequel poſe l'animal, & l'extrémité inférieure du tibia tombe obliquement juſqu'à ce qu'il ait touché le fémur avec ſon extrémité ſupérieure. La dernière partie de la patte qui eſt plus longue que les deux précédents & que l'on appelle pied dans les hommes, ployée auſſi dans un ſens contraire, touche tout le trajet de la ſeconde, & les deux os du tarſe forment également un angle très-aigu avec le tibia. On peut voir toutes ces différentes ſituation dans la figure onzième.

Il eſt facile de comprendte, par cet expoſé, que le fémur AB (*fig. XII*, le tibia BC & le pied CD forment la figure d'un Z, comme on voit en $efgh$ (*fig. XIII*); ſi on ſuppoſe donc le fémur & le pied d'égale longueur, & une ligne tirée d'e à g, & une autre d'f à h, nous aurons une figure *alterâ parte longior* $egfh$, dont le bord ef ſera le fémur, gh le pied, & la diagonale gh le tibia. Or ſi nous avons un corps ſitué à l'angle f, par exemple, & ſi deux puiſſances le pouſſent en même tems, une vers la direction fe, & une autre vers la direction fh, on ſait qu'il n'obéira ni à l'une ni à l'autre, qu'il gagnera le chemin du milieu, & qu'il parcourra la diagonale fg; cependant le moment de la vélocité ſera bien moindre que le total des deux forces qui l'ont pouſſé : mais ſi nous avons un corps long, tel que fg, & qu'une puiſſance, ſoit qu'elle le pouſſe d'e vers f, ſoit qu'elle le tire d'f vers e, & une autre ſoit également qu'elle le pouſſe d'h vers g, ſoit qu'elle le tire

de *g* vers *h*, alors toute l'action tombera ſur le même corps *fg*, & ſon moment ſera égal à l'enſemble des forces qui l'ont pouſſé. Il eſt donc évident que le tibia, aura à ſoutenir non-ſeulement la force de ſes muſcles propres, mais celle auſſi des muſcles du fémur & du pied qui le tirent en ſens contraire par les deux extrémités.

Cela doit arriver toujours ainſi dans les petits & dans les grands ſauts pendant que les os conſervent encore leurs angles entr'eux; mais quand la patte eſt tout-à-fait déployée, & que les os ſe trouvent dans la direction d'une ligne droite, le pied participera auſſi à une grande partie de la force. Dans ce cas, le centre du mouvement eſt à l'extrémité du fémur dans la cavité cotiloïde, & le moment des corps centrifuges eſt à la circonférence, c'eſt-à-dire, à l'extrémité du pied. Mais, dans cette dernière circonſtance, outre que le pied appuyant à terre ne parcourt pas une grande circonférence, ſes os étant auſſi petits & auſſi nombreux n'avoient pas beſoin d'une ſtructure particulière pour ſoutenir leur moëlle & leurs corps, le fémur étant trop près du centre du mouvement, ne parcourt pas non plus un long eſpace, & il n'en avoit pas beſoin par la même raiſon; ce n'étoit donc que le tibia qui étoit obligé de parcourir avec ſes deux extrémités de très-grandes portions d'ovales, qui avoit beſoin d'une conſtruction différente pour qu'il pût mettre ſa moëlle & ſoi-même à l'abri de la violence.

On doit en dire autant du cubitus, de l'humérus & de la dernière extrémité de la patte antérieure, nonobſtant que celle-ci ſoit infiniment plus courte que la poſtérieure. J'ai trouvé dans une grenouille aſſez groſſe le cubitus de cinq lignes, tandis que le tibia l'étoit de quinze & demie; l'humérus de huit lignes & le fémur de quatorze; la main juſqu'à l'extrémité du troiſième doigt, qui eſt le plus long, de huit lignes & demie, & les pieds avec les os du tarſe de vingt-quatre & demie. On voit donc que l'humérus ſurpaſſe le

cubitus de trois lignes, que le tibia surpasse le fémur d'une ligne & demie, que le pied a seize lignes de plus que la main, & que toute la patte postérieure surpasse l'antérieure de trente-deux lignes & demie. Malgré cet excès de grandeur de l'humérus sur le cubitus, il faut ajouter que le premier garde toujours, même dans les sauts violents, un angle aigu avec le cubitus, & se trouve dans une direction parallèle à l'horizon.

Ces remarques faites, je voulois observer aussi si la reproduction des os, moyennant la destruction de la moëlle, avoit lieu dans les animaux à sang froid. Je fis part au Public, l'année dernière, que j'étois parvenu à faire régénérer entièrement les os longs dans les volatils & dans les quadrupèdes, sans faire autre chose que détruire la moëlle. Ainsi, pour me convaincre si les grenouilles étoient susceptibles de cette reproduction, je coupai la patte postérieure à plusieurs de ces animaux de différent âge, & en même tems à un certain nombre d'eux. Je la coupai tout à côté de l'épiphyse inférieure du tibia, & je détruisis la moëlle des deux tuyaux inférieurs jusqu'à la cloison transversale; à d'autres, je la coupai au-dessus de cette cloison, & je détruisis la moëlle dans les deux tuyaux supérieurs jusqu'à l'épiphyse supérieure, & à d'autres je la coupai à l'extrémité inférieure du fémur, & la moëlle fut détruite dans toute sa cavité; pour être sûr de l'avoir bien détruite, je laissai une ou deux soies dans chaque cavité. Je les tuai enfin en différens tems: après trois jours, après huit, après dix, après quinze, & je n'ai jamais trouvé la moindre disposition à une nouvelle ossification, ni même le périoste altéré. J'avois observé dans les pigeons qu'un nouveau tibia parfaitement ossifié s'étoit formé après le septième jour de la destruction de la moëlle, & après le dixième, le douzième ou le quinzième dans les chiens. Je conclus delà que cette reproduction n'avoit pas lieu dans les grenouilles, ou que si elle l'avoit, cela devoit être en un très-long tems. Je n'ai pas pu m'assurer de cette durée, parce que je ne pouvois pas

porter

porter ces animaux au-delà de quinze à dix-huit jours, attendu qu'ils périſſoient tous; mais il faut remarquer que je faiſois ces Expériences dans le mois de Septembre & après, parce que la reproduction des parties perdues dans les vermiſſeaux & autres zoophytes, eſt plus prompte dans le printemps & dans l'été juſqu'à la fin du mois de Septembre.

C'eſt dans ces ſaiſons, comme je viens de dire, & préciſément dans le premier âge de l'animal, que la force reproductrice eſt plus active dans les polipes d'eau, dans les vers de terre, dans les têtards, dans les limaçons, dans les limaces terreſtres, dans les ſalamandres, dans la queue des tortues, dans les pattes des écreviſſes, &c. Mais il ne s'agit pas de la reproduction d'une ſeule partie, comme d'un os, dans ces êtres vivants, qui ſemblent les plus vils de la terre; il s'agit de la tête, ou d'une patte entière ou de toutes les quatre, ou de la queue, &c.

M. l'Abbé *Spalanzani* avoit arraché les quatre pattes à une ſalamandre tout près du tronc ſix fois conſécutives, & ſix fois elles ſe régénérèrent dans leur intégrité primitive de façon qu'il fit reproduire plus de ſix cens oſſelets, & il calcule que ſi on avoit fait la même opération douze fois, on auroit fait régénérer plus de treize cens petits os. Il avoit avancé pareillement, d'après l'Expérience, que la même reproduction avoit lieu dans les pattes des grenouilles & des crapauds; mais ce fait a été nié formellement par pluſieurs Savans, & ils l'ont nié auſſi d'après l'Expérience. J'étois preſque déterminé pour ce dernier parti, après avoir vu que la deſtruction de la moëlle, capable de faire régénérer les os dans les autres animaux, l'avoit empêché dans les grenouilles; mais quand on avoit oppoſé l'Expérience à l'Expérience, c'étoit à elle-même qu'il falloit recourir de nouveau, ſi on vouloit éviter toutes les vaines diſputes & l'exagération ſi facile à ſe gliſſer dans l'eſprit des hommes. Cependant je déſeſpérois d'y parvenir, parce que j'étois à la moitié d'Octobre,

tems dans lequel la force reproductrice n'eſt plus en vigueur; mais, comme je me trouvois avoir vingt grenouilles, qui ne me ſervoient plus à aucun uſage, je leur coupai la patte ſous l'extrémité ſupérieure du tibia, & je les laiſſai ſans détruire la moëlle. Je pris la précaution de les laiſſer dans ma chambre, où il y avoit toujours du feu, & dans la terre humide, parce que j'avois éprouvé que l'eau maceroit les muſcles coupés; mais, quand l'extrémité du moignon s'étoit couverte d'une eſpèce de gelée, je les mettois dans l'eau pendant une partie de la journée.

Vingt jours après, toutes étoient péries, à l'exception pourtant d'une ſeule bien groſſe & par conſéquent bien âgée. D'abord la gelée, qui couvroit cette extrémité du moignon étoit d'une couleur blanchâtre bien foncée; mais, ſuivant qu'elle durciſſoit, elle devenoit plus obſcure: après elle s'alongeoit ſucceſſivement, & on voyoit ſa ſurface extérieure acquérir la reſſemblance de peau. Au bout d'un mois environ elle étoit bien alongée depuis *A* (*fig. XIV*), juſqu'à *B*, de manière qu'on pouvoit dire que c'étoit de l'os couvert de ſa peau; mais cette poſition régénérée étoit alors bien mince comme l'eſt à préſent le tarſe *B C*; & on ne pouvoit pas appercevoir les muſcles extérieurement. Ils commencerent enſuite à être apparens, & ils ſe développèrent inſenſiblement. Au commencement du mois de Décembre, le tarſe *B C* s'étoit formé auſſi avec ſon articulation ſupérieure *B*, & on n'y voyoit point de muſcles non plus. A l'extrémité inférieure *C*, il y avoit deux bourgeons gélatineux *d* & *e*, qui reſſembloient aſſez bien à deux cornes de limaçon qui ne ſont pas alongées, & qui commencent à ſe déployer; mais alors ils étoient bien plus petits qu'on ne les voyoit dans la figure qui a été deſſinée quinze jours après quand la grenouille mourut; ils étoient ſans doute le commencement de la dernière extrémité de la patte dont l'animal ſe ſervoit delà très-bien, tant pour nager que pour ſauter.

Au même tems, à l'endroit *f g*, la circonférence étoit de neuf lignes, tandis que dans l'autre patte *H I* au même endroit *K*, où les muſcles ſont plus gros dans l'état naturel, étoit de quatorze; la circonférence du tarſe *B C* de quatre lignes, & celle du tarſe entier *L M* d'onze; la longueur du tibia *P B* d'onze lignes, & celle du tibia *N L* de ſeize; la longueur du tarſe *B C* de cinq lignes & demie, & celle du tarſe *L M* de neuf; les deux bourgeons d'une ligne, & le reſte de l'extrémité *M I* dix-huit. La cuiſſe *H N* enfin étoit de quatorze lignes, & le corps de l'animal de trois pouces. La coupe dans la patte *O C* avoit été faite quatre lignes au-deſſous de l'articulation en *A*; elle avoit donc été coupée de la longueur de trente-neuf lignes. Le moignon *A O* n'en ayant que dix-huit. Ce fut dans cet état que je la préſentai à l'Académie le 7 du même mois de Décembre; & elle me fit l'honneur de m'aſſigner pour Commiſſaire M. Portal & M. de Vicq d'Azir qui l'examinerent plus particulièrement & ils en firent leurs Rapports.

Le dix-huit du même mois, la grenouille mourut d'elle-même. Extérieurement ſur la patte, la ſeule différence qu'on voyoit, c'eſt qu'elle étoit plus groſſie en *g f*, & les bourgeons *d* & *e* alongés de deux lignes & durcis de manière qu'on les diſtinguoit par deux oſſelets avec une articulation commune & bien formée en *C*. Ayant ôté la peau, on voyoit auſſi des muſcles autour de la partie *B C*. Dans la *figure quinzième*, ſont repréſentés les os de la patte coupée & reproduite de la manière qu'on a vu. *A B* eſt le fémur; *C D* le tibia qui avoit été coupé en *e* & qui s'étoit alongé juſqu'à *D*, mais d'une figure difforme; il n'avoit point de cloiſon tranſverſale, ni de cloiſon longitudinale inférieure; la cloiſon longitudinale ſupérieure n'exiſtoit que depuis *C* juſqu'à *e*, c'eſt-à-dire, ſeulement dans la portion qui n'avoit pas été coupée; les ſillons n'exiſtoient que dans cette petite partie, & ils manquoient tout-à-fait dans l'extrémité inférieure. Je fus étonné de ne trouver à la place du tarſe qu'un ſeul os *E F*, qui reſſem-

bloit effectivement à un des os du tarſe; mais ne ſeroit-il pas une portion du tibia avec une nouvelle articulation? c'eſt ce que j'ignore; cependant ſa cavité pour la moëlle étoit toute ſimple, & à l'extrémité inférieure *F*, ſe trouvoient articulés les deux oſſelets *g* & *R*. Je me propoſe de ſuivre, au Printems prochain, d'autres Expériences que j'ai commencées ſur les Sauterelles, ſur les Grenouilles & ſur d'autres Inſectes: j'examinerai ſur-tout l'anatomie des muſcles, des nerfs, des ligamens & des os dans les parties régénérées, & j'en ferai part à l'Académie dans un autre Mémoire.

FIN DU TOME NEUVIÈME.

De l'Imprimerie de la Ve HÉRISSANT, Imprimeur du Cabinet du ROI, Maiſon & Bâtimens de SA MAJESTÉ. *Mars* 1780.